







Gift of  
Mr. William Wreden

LANE MEDICAL LIBRARY  
STANFORD UNIVERSITY  
300 PASTEUR DRIVE  
PALO ALTO, CALIF.





BIJDRAGE TOT DE KENNIS DER ELECTRISCHE VERSCHIJNSELEN  
VAN HET HART.





# B I J D R A G E

TOT DE KENNIS DER

## Electrische verschijnselen van het Hart.

---

### PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN

DOCTOR IN DE GENEESKUNDE,

AAN DE RIJKS-UNIVERSITEIT TE LEIDEN,

OP GEZAG VAN DEN RECTOR-MAGNIFICUS

DR. C. P. TIELE,

HOOGLEERAAR IN DE FACULTEIT DER GODGELEERDHEID,

VOOR DE FACULTEIT TE VERDEDIGEN

op Donderdag 19 Januari 1893, des namiddags te 3 uren

DOOR

WILLEM THOMAS DE VOGEL,

GEBOREN TE TOEBAN.

---

LEIDEN. — EDUARD IJDO.  
1893.



Digitized by the Internet Archive  
in 2025



Aan mijne Ouders.





# INHOUD.

---

|                     | Blz. |
|---------------------|------|
| INLEIDING . . . . . | 1    |

---

## HOOFDSTUK I.

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| Historisch overzicht . . . . . | 3 |
|--------------------------------|---|

---

## HOOFDSTUK II.

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| Methode van onderzoek . . . . . | 29 |
|---------------------------------|----|

---

## HOOFDSTUK III.

|                              |    |
|------------------------------|----|
| Het kikvorschenhart. . . . . | 44 |
|------------------------------|----|

---

## HOOFDSTUK IV.

|                                           |    |
|-------------------------------------------|----|
| Het konijnen- en het hondenhart . . . . . | 53 |
|-------------------------------------------|----|

---

## HOOFDSTUK V.

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| Het menschelijke hart . . . . . | 57 |
|---------------------------------|----|

---

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| Verklaring der plaat . . . . . | 64 |
|--------------------------------|----|

|                      |    |
|----------------------|----|
| STELLINGEN . . . . . | 69 |
|----------------------|----|

---



## INLEIDING.

---

Toen Professor EINTHOVEN mij in Juni 1891 eenige onderwerpen ter keuze aanbood voor een proefschrift, trok mij het door hem voorgestelde onderzoek met LIPPMANN's capillair-electrometer, waarmede de electrische verschijnselen van het hart zouden moeten worden geregistreerd, het meest aan. Het veld van onderzoek was ruim, daar het werktuig, zoo bij uitnemendheid tot het registreeren van snel wisselende electrische schommelingen geschikt, nog slechts bij uitzondering voor dit doel was aangewend.

Van de electrische schommelingen van het menschelijke hart was slechts ééne kromme gepubliceerd en van tal van hoogst belangrijke vraagpunten was de oplossing niet eenmaal beproefd.

Bij het bepalen mijner keuze wees Prof. EINTHOVEN mij evenwel reeds dadelijk op de groote technische moeilijkheden, aan de uitvoering van het onderzoek verbonden en hoewel voorbereid, bleken deze, toen ik mij aan den arbeid wijdde, nog zeer veel grooter te zijn, dan ik mij had voorgesteld.



Doch door Professor EINTHOVEN's gewaardeerde hulp, die mij ook bij de verdere samenstelling van dit proefschrift steeds welwillend werd verleend en waarvoor ik de behoefte gevoel, hem hier openlijk mijn warmen dank te betuigen, werden alle bezwaren overwonnen.

Voordat het onderzoek voltooid was, werd ik plotseling genoodzaakt, het werk te staken, waardoor ik vooral verhinderd werd, aan het aantal mijner experimenten de noodige uitbreiding te geven.

Hoewel daarom gedetailleerder en uitvoeriger arbeid zeker gewenscht is, heb ik toch gemeend, de tot heden reeds verkregen resultaten, door een historisch overzicht voorafgegaan, der faculteit als proefschrift te mogen aanbieden.

## HOOFDSTUK I.

---

### Historisch Overzicht.

Bij het onderzoek naar de electriche verschijnselen van het hart hebben de meeste schrijvers hun onderwerp in twee gedeelten gescheiden. Zij onderzochten in de eerste plaats de electriche eigenschappen van het rustende hart, om deze vervolgens bij het zich contraheerende hart te bestudeeren.

Wij zullen in ons historisch overzicht deze zelfde indeeling volgen en gaan dus in de eerste plaats na, wat de resultaten zijn van het onderzoek naar de electriche verschijnselen van

#### Het rustende hart.

Het hart heeft met alle spieren deze eigenschap gemeen, dat de dwarse doorsnede electronegatief is ten opzichte van de oppervlakte.

MATTEUCCI vormde, om dit duidelijk aan te toonen, een zuil van dwars doorgesneden duivenharten. Hij plaatste de doorsnede van het eerste hart tegen de oppervlakte van het volgende in de rij, de doorsnede van dit tegen de oppervlakte van het derde en zoo vervolgens. Op deze wijze werd een batterij van groote electromotorische kracht gevormd.

Degene, die op het gebied der electricische verschijnselen van het dierlijke organisme de grootste verdiensten heeft, is EMIL DU BOIS-REYMOND <sup>1)</sup>. Reeds in 1848 sprak hij zijn wet van den spierstroom uit: „Wordt een willekeurig punt der natuurlijke of kunstmatige overlansche snede eener spier met een eveneens willekeurig punt der natuurlijke of kunstmatige dwarse doorsnede derzelfde spier . . . . . (geleidend) verbonden, . . . . . dan vertoont eene in den . . . . . geleiddraad gelaschte galvanoscopische inrichting . . . . . een stroom, die van het punt der overlansche snede in den geleiddraad naar het punt der dwarse snede gericht is”.

Met natuurlijke dwarse doorsnede werd het natuurlijke uiteinde der spiervezelen bij den overgang naar de pees, de fascia of het been bedoeld. En deze natuurlijke dwarse snede zou dus ook electronegatief zijn ten opzichte van de oppervlakte. Intusschen bleek later, dat zij zeer veel zwakker negatief was dan de kunstmatige dwarse doorsnede. Ja, vele onderzoekers kwamen tot het resultaat, dat er van een ongelaedeerde, rustende spier geen electriche stroom zou zijn af te leiden. Er ontspoon zich over dit vraagstuk een strijd, die daarom van bijzondere beteekenis was, omdat hij ten nauwste samenhang met den strijd over twee belangrijke theorieën, de molecuultheorie van DU BOIS-REYMOND en de alteratietheorie van HERMANN. Het onderzoek naar de electriche verschijnselen van de hartspier heeft in dezen strijd een groote rol gespeeld en belangrijke feiten aan het licht gebracht, die de theorie van DU BOIS-REYMOND evenzeer ondermijnden, als zij tot steun en bevestiging konden strekken van de theorie van HERMANN.

---

<sup>1)</sup> EMIL DU BOIS-REYMOND. Untersuchungen über thierische Elektrizität. Berlin 1848. S. 515.



Voordat het belang der vraag over de praeëxistentie van den rustende spierstroom uit een theoretisch oogpunt was erkend, kwam men bij het onderzoek naar de electrische eigenschappen van het intacte rustende hart tot tegenstrijdige uitkomsten. Zoo vonden KÖLLIKER en MÜLLER <sup>1)</sup>, dat de punt van het kikvorschenhart een electronegatieven potentiaal had ten opzichte van elke andere plaats der kameroppervlakte. In een correspondentie met du Bois-REYMOND gaf deze aan de beide Würzburger geleerden zijne verwondering te kennen over dit resultaat. Naar de rangschikking der spiervezelen in het kikvorschenhart te oordeelen, heeft men de punt eerder als aequator dan als natuurlijke dwarse doorsnede te beschouwen. Men zou dus verwachten, aan de punt van het hart een electropositieven potentiaal te vinden.

Voor een verklaring van dit verschijnsel achtten KÖLLIKER en MÜLLER zich niet bevoegd. Toch zijn zij niet ongenegen, om op grond der theorie van du Bois-REYMOND aan te nemen, dat aan de punt van het hart naast aequators ook vezeluiteinden zijn, terwijl deze laatste zich niet of in geringer aantal aan de basis en de overige kameroppervlakte zouden bevinden.

MEISSNER en COHN <sup>2)</sup> vonden bij hunne onderzoekingen de resultaten van KÖLLIKER en MÜLLER in hoofdzaak bevestigd. Daarentegen vond NUEL <sup>3)</sup>, die met PEKELHARING onder ENGELMANN werkte, dat de punt van het intacte rustende kikvorschenhart electropositief was ten opzichte van

<sup>1)</sup> A. KÖLLIKER und H. MÜLLER. Würzburger Verhandlungen. 1856. Bd. VI, S. 528.

<sup>2)</sup> MEISSNER en COHN. Zeitschrift für ration. med. 1862. 3. Reihe Bd. XV, s. 27.

<sup>3)</sup> J. P. NUEL. Note sur les phénomènes électriques du coeur. Bull. de l'Acad. royale de Belgique, 11 Oct. 1873. 2e sér., t. XXVI, p. 335.

de overige kameroppervlakte. Vooral kwam dit duidelijk voor den dag, wanneer het hart in situ bleef. Werd het geëxcideerd, dan kon slechts in den beginne van positieve punt en negatieve basis een zwakke stroom afgeleid worden; deze verminderde snel en verdween geheel, om zich ten slotte zelfs om te keeren. Verder bemerkte NUEL, dat bij de minste aanraking van het hart de getroffene plaats negatief electrisch werd en wel des te sterker, naarmate de aanraking krachtiger, de hierdoor ontstane laesie ingrijpender was.

Met dit feit voor oogen verliezen de waarnemingen van KÖLLIKER, MÜLLER, MEISSNER en COHN veel van hunne waarde. Wanneer het hart een zoo groote gevoeligheid voor uitwendige invloeden vertoont, dienen gedurende het onderzoek bizondere voorzorgen te worden genomen. Dit was den vorigen onderzoekers onbekend en hunne resultaten moesten dus wel verschillend uitvallen. Reeds het contact met] de buitenlucht doet zijn invloed gevoelen. Het feit door NUEL geconstateerd, dat hij de punt van het hart in situ positief electrisch vond ten opzichte van de basis, terwijl het negatief werd als men het hart excideerde, schijnt ons eene illustratie hiervan te zijn. Wordt toch na het dooden van den kikvorsch het hart blootgelegd, dan is vooral de basis onderhevig aan den invloed der buitenlucht, terwijl de punt nog beschermd wordt door een laag sereuse vloeistof en door de organen, waar ze zich tusschen bevindt. Wordt het hart geëxcideerd, dan is de punt met een oppervlakte aan de buitenlucht blootgesteld, die in verhouding tot de massa grooter is dan de oppervlakte der basis. Na excisie zal de buitenlucht dus meer op de punt kunnen inwerken en zal deze van potentiaal ten opzichte van de basis veranderen.

Dat de dwarse doorsnede der hartekamer negatief elec-

trisch is ten opzichte van hare oppervlakte werd boven reeds vermeld. NUEL schatte dit potentiaalverschil bij het kikvorschenshart op 0.10 Daniell en zag, dat deze waarde vooral kort na de belediging zeer snel verminderde. De vermindering in potentiaalverschil werd door andere onderzoekers eveneens waargenomen.

Daarentegen werd NUEL's uitspraak, dat zij door contracties van het hart zou worden tegengehouden, door GOTCH <sup>1)</sup> niet bevestigd.

Bijna al de genoemde onderzoekers <sup>2)</sup> maakten bij hun onderzoek gebruik van een gevoeligen galvanometer, die in de keten gelascht werd, welke de dwarse doorsnede aan de oppervlakte van het hart verbond. KÖLLIKER en MÜLLER toonden het potentiaalverschil ook aan met behulp van den physiologischen rheoscoop d. i. een afgesneden kikvorschpoot, waarvan de n. ischiadicus uit de omliggende weefsels is bevrijd. Wordt de zenuw op zoodanige wijze op het doorgesneden hart gelegd, dat zij de dwarse doorsnede en de oppervlakte geleidend verbindt, dan zal zich op het oogenblik, dat de verbinding tot stand komt, de poot contraheeren.

De physiologische rheoscoop mag tot de zeer gevoelige rheoscopen worden gerekend. Hij werd in 1872 nog door DONDERS <sup>3)</sup> aangewend, toen deze de vraag naar het al of niet bestaan van een rustende spierstroom door een onderzoek bij honden- en konijnenharten tot oplossing trachtte te brengen. „Indien het gelukken mocht”, zegt DONDERS, „on-

<sup>1)</sup> GOTCH. Demarcation current in the ventricle. Proc. of the Physiol Soc., July 2. 1887, p. XXVI. Journal of Physiol. Vol. VIII.

<sup>2)</sup> GOTCH maakte gebruik van een capillair-electrometer.

<sup>3)</sup> DONDERS. Rustende spierstroom en secundaire contractie, uitgaand van het hart. Onderzoek. physiol. Labor. Utrecht, 1872. Derde reeks. Dl. I, blz. 256—266.

middellijk na het openen van den thorax, terwijl het harte-zakje gesloten bleef en bijgevolg noch de lucht noch eenig vreemd agens in dat oogenblik de oppervlakte van het hart kon hebben veranderd, bij iedere aanraking der zenuw met het op het hart rustende pericardium onafhankelijk van de systolen secundaire contracties op te wekken, dan zou men gelooven, het pleit ten gunste van den rustenden spierstroom beslist te hebben."

Hij verkreeg zeer verschillende resultaten. Nu eens zag hij, dat er geen secundaire contracties ontstonden, wanneer hij gedurende de diastole de zenuw met het hart in aanraking bracht of de aanraking ophief, terwijl toch iedere systole een secundaire contractie ten gevolge had. Dan weer contraheerde zich de kikvorschpoot zoowel bij het opleggen der zenuw op het hart in diastole als bij iedere systole, terwijl de poot geen beweging vertoonde bij het afnemen der zenuw. Eindelijk vond hij geen secundaire contractie bij de systole doch wel bij het herstellen of het afbreken van het contact tusschen zenuw en hart gedurende de diastole. 't Scheen, dat deze combinaties van symptomen elkaar zoo opvolgden, dat het hart in verschen toestand slechts secundaire contracties bij systole vertoonde. Later deze en secundaire contracties, afhankelijk van den rustenden hartstroom, te voorschijn komende bij opleggen en afnemen van de zenuw. Ten slotte slechts deze laatste en geen secundaire contracties bij de systole.

Ofschoon uit zijne experimenten dus schijnt te blijken, dat de secundaire contracties, afhankelijk van den rustenden spierstroom eerst te voorschijn komen, wanneer het hart reeds eenigen tijd aan uitwendige invloeden is blootgesteld, meent DONDERS geene conclusie te mogen trekken en verklaart de bewijzen voor niet afdoende.

Afdoende mogen daarentegen de resultaten worden ge-



noemd van het onderzoek van ENGELMANN <sup>1)</sup>, dat aansluit aan de experimenten, die in 1873 door NUEL en PEKELHARING onder zijne leiding waren verricht.

In de pijpaaide van een paar onpolariseerbare electroden van DU BOIS-REYMOND worden katoenen draadjes geplant, die indirect door een laagje vloeistof met de oppervlakte van het hart in verbinding worden gebracht. De electroden zijn geleidend verbonden aan een gevoeligen galvanometer met compensatie-inrichting. De waarneming geschiedt bij het normaal voortkloppende hart, terwijl de geleiding in den galvanometer telkens slechts gedurende den tijd der diastole gesloten wordt. Als uitkomst zijner proeven kan ENGELMANN beslist verklaren, dat er tusschen de verschillende punten aan de oppervlakte van het rustende kikvorschenhart, indien dit slechts met zorg wordt behandeld, geen of niet noemenswaardige spanningsverschillen bestaan.

Het spanningsverschil tusschen de dwarse doorsnede en de oppervlakte van het hart, de zoogenaamde demarcatiestroom, wordt door ENGELMANN <sup>2)</sup> nog tot een afzonderlijk punt van onderzoek gemaakt. In het bijzonder treft hem de snelle vermindering van dit spanningsverschil, dat reeds 5 minuten na de laesie tot op  $\frac{2}{3}$  der oorspronkelijke waarde is teruggebracht en na één uur zoo goed als geheel is verdwenen. Toch is dan het hart nog zeer goed prikkelbaar, terwijl ook een nieuw aangebrachte dwarse snede terstond weder een sterk potentiaalverschil veroorzaakt. In dit opzicht verschilt het hart in hooge mate van een skeletspier.

---

<sup>1)</sup> TH. W. ENGELMANN. De electromotorische verschijnselen der spierstandigheid van het hart, 1<sup>e</sup> stuk. Onderzoekingen van het Physiol. Labor. Utrecht, 1875, 3<sup>e</sup> reeks, Dl. III. blz. 101—115.

<sup>2)</sup> TH. W. ENGELMANN. Vergleichende Untersuchungen zur Lehre von der Muskel- und Nervenelectricität. Archiv für die Ges. Physiol. Bd. XV 1877. S. 116.

De alleszins bevredigende verklaring die ENGELMANN van deze verschijnselen geeft en die in volkomen overeenstemming is met de resultaten van een opzettelijk ingesteld microscopisch onderzoek, luidt, dat de hartspeer, welke uit microscopisch kleine spoelvormige vezelen is opgebouwd, afsterft op de plaats waar zij beleedigd is, terwijl het proces van afsterven tot de getroffen vezelen beperkt blijft. Zoodra deze laatste geheel afgestorven zijn en dus niet meer kunnen bijdragen tot het ontstaan van potentiaalverschil op verschillende plaatsen van het hart, bieden de aangrenzende spiervezelen haar natuurlijke dwarse doorsnede tot afleiding naar den galvanometer aan. En in overeenstemming met de theorie van HERMANN wordt hier gevonden, dat de natuurlijke dwarse doorsnede van iedere vezel dezelfde potentiaal als de oppervlakte heeft.

De waarnemingen van ENGELMANN werden door MARCHAND <sup>1)</sup>, BURDON SANDERSON en PAGE <sup>2)</sup> en andere onderzoekers bevestigd en hebben niet weinig bijgedragen om vele aanhangers der leer van DU BOIS-REYMOND tot volgelingen van de leer van HERMANN te maken.

Voordat wij van de electrische verschijnselen van het rustende hart afstappen, hebben wij nog de belangrijke onderzoeking te vermelden van W. H. GASKELL <sup>3)</sup>. Deze leidde een stroom af van de dwarse doorsnede en de opper-

---

<sup>1)</sup> MARCHAND. Beiträge zur Kenntniss der Reizwelle und Contractions-welle des Herzmuskels. Arch. f. d. gesammte Physiol. 1877. Bd. XV. S. 514—536.

<sup>2)</sup> BURDON SANDERSON and PAGE. On the time-relations of the excitatory process in the ventricle of the heart of the frog. Journal of Physiol. 1879—80, Vol. II. p. 430.

<sup>3)</sup> W. H. GASKELL. On the action of muscarine on the heart and on the electrical changes in the non beating cardiac muscle, brought about by stimulation of the inhibitory and augmentor nerves. The Journal of Physiology, 1887. vol. VIII, p. 404—415.

vlakke van een tot stilstand gebracht schildpaddenhart en zag, dat vagusprikkeling het bestaande potentiaalverschil versterkt. Deze uitkomst was van groot gewicht, niet alleen omdat zij de eerste waarneming bevatte van een positieve variatie van den demarcatiestroom, maar ook en vooral omdat zij ons een stap nader bracht tot de kennis van de remmende werking van den vagus.

Het te onderzoeken hart werd door GASKELL op tweeërlei wijze tot stilstand gebracht: 1<sup>e</sup> Door den sinus venosus af te snijden. Hierbij werd zorg gedragen, dat de vezelen van den vagus ongehinderd door den stam van den nervus coronarius cordis bleven loopen en aldus met de hartspier in geleidend verband bleven. 2<sup>e</sup> Door toediening van vergiften als muscarine en pilocarpine.

De toediening der muscarine doet op zichzelf geen positieve variatie ontstaan en, daar men bovendien in staat is, om gedurende den muscarine-stilstand deze variatie door vagusprikkeling te voorschijn te doen komen, besluit GASKELL, dat muscarine niet op dezelfde wijze als vagusprikkeling werken kan. Hij beslist de strijdvrage, of het vergift prikkelend werkt op de remmende centra dan wel verlammend op het motorische apparaat van het hart, geheel ten gunste van het laatste. Pilocarpine en muscarine komen in werking met elkaar overeen.

Vermelden wij ten slotte nog, dat de door GASKELL gevondene positieve variatie de geringe waarde van 0.0005 Daniell heeft <sup>1)</sup> en dat zij voor een gewone negatieve variatie plaats maakt telkens, wanneer men den vagus prikkelt op een plaats, waar hij met accelereerende sympathicusvezelen tot één stam is vereenigd.

---

<sup>1)</sup> Zie BURDON SANDERSON. Proc. of the Physiol. Soc., July 2, 1887. Journ. of Physiol., Vol. VIII, p. XXVII.

## Het kloppende hart.

De electriche verschijnselen van het automatisch kloppende kikkorschenhart werden het eerst door KÖLLIKER en MÜLLER <sup>1)</sup> bestudeerd, wien daardoor tevens de eer toekomt, het eerst den actiestroom eener spier te hebben aangetoond, welke door een natuurlijken prikkel tot contractie wordt gebracht. Zij maakten bij hun onderzoek gebruik zoowel van een gevoeligen galvanometer als van den physiologischen rheoscoop. Het gebruik van den galvanometer, die direct in de geleiding gelascht is, welke twee plaatsen van het hart met elkaar verbindt, heeft groote bezwaren voor het onderzoek van de vrij kort durende rhythmische schommelingen in stroomsterkte, die bij iedere systole van het hart ontstaan.

Geen galvanometer bezit een naald, die zich bij volkomen aperiodiciteit snel genoeg beweegt, om deze schommelingen te volgen, zoodat zij door de bewegingen, die men aan de naald waarneemt, niet dan hoogst gebrekkig kunnen worden weergegeven. De physiologische rheoscoop voldoet in dit opzicht beter aan de eischen, doch heeft weder bezwaren van anderen aard, die hem bij later gebruikte werktuigen doen achterstaan. De resultaten van KÖLLIKER en MÜLLER waren wisselend. Nu eens zagen zij de kikkorschpoot van het spier-zenuwpraeparaat bij iedere systole een enkele trekking volbrengen, wanneer de zenuw rustig op het hart bleef liggen. Dan weder zagen zij, dat de poot zich gedurende een hartsperiode tweemaal samentrok, éénmaal bij de systole en éénmaal bij de diastole en eindelijk hebben zij enkele malen de poot in een waren tetanus zien overgaan.

<sup>1)</sup> T. a. p.



De verklaring dezer verschillen levert groote moeilijkheden op en wij zullen bij de verdere behandeling der historie zien, dat ook ten huidige dage deze moeilijkheden nog niet volkomen zijn opgelost.

Behalve door KÖLLIKER en MÜLLER werd de physiologische rheoscoop ook nog door DONDERS <sup>1)</sup> aangewend ter bestudeering der electriche verschijnselen van het klopende hart. Bij zijn onderzoek had DONDERS in het bijzonder den invloed van den n. vagus op het oog.

Bij een hond of een konijn wordt de thorax geopend en de zenuw van den rheoscoop op het hart gelegd. De contracties van het hart worden door luchttransport overgebracht op een gewone registreertrommel, wier hefboom een lijn schrijft op een draaienden cylinder. Recht onder den hefboom van de registreertrommel bevindt zich een tweede hefboom, die direct met de kikvorschpoot in verband staat en de contracties van deze onder de hartscontracties schrijft. Een tijdschrijver en een markeerapparaat maken de registreerinrichting volledig.

De verkregene krommen vertoonen een groote regelmatigheid. De verheffingen in de lijn der hartscontracties zijn alle onderling even groot; eveneens de verheffingen in de lijn der secundaire contracties en onder iedere hartscontractie is steeds een secundaire contractie geschreven.

Wanneer de vagus geprikkeld wordt, gaat de regelmatigheid verloren. Er ontstaat een langere pauze en de eerste hartscontractie, die hierop volgt, is sterker dan de normale, terwijl de eerste secundaire contractie in den regel kleiner is en dikwijls geheel uitblijft.

---

<sup>1)</sup> F. C. DONDERS. De secundaire contracties onder den invloed der systolen van het hart met en zonder vagusprikkeling. Onderzoekingen laborat. Utr. 3<sup>e</sup> Reeks, I, 1872, bl. 246—266.

Het onderzoek van DONDERS geeft een dieper inzicht in de remmende werking van den vagus: prikkeling dezer zenuw vernietigt of onderdrukt de motorische innervatie van het hart. De schijnbare tegenstrijdigheid, die gelegen is in de sterkere hartscontracties welke onmiddellijk op een verlengde pauze volgen, moet door het mechanisme der hartswerking worden verklaard.

Later kwam GOTCH <sup>1)</sup>, naar een geheel andere methode werkende, tot dezelfde uitkomst.

De eerste onderzoekingen naar het beloop van de elektrische verschijnselen van het hart in verband met den tijd geschiedden door MARCHAND <sup>2)</sup> en door ENGELMANN <sup>3)</sup>.

MARCHAND bracht den ventrikel van een kikvorschenhart, waarvan de boezem was weggesneden, door inductieslagen tot contractie. Met behulp van den differentiaalrheotoom van BERNSTEIN was het mogelijk den stroom, van het hart uitgaande, op ieder moment na de prikkeling te sluiten en het potentiaalverschil te meten door compensatie volgens de methode van DU BOIS-REIJMOND. Meestal werd van punt en dwarse doorsnede afgeleid en werd met de meting gewacht, totdat de demarcatiestroom sterk verminderd was.

Op de plaats, die het dichtst bij het punt van prikkeling gelegen is, komt zeer kort na het aanbrengen van den prikkel een electronegatieve golf aan, die snel haar maximum bereikt, daarna afneemt en in een electropositieve golf overgaat. De geheele duur is meestal iets meer dan 1 seconde. MARCHAND kon niet aantoonen, dat deze groote golf uit kleinere was samengesteld en besluit daaruit, dat de contractie van de hartspier een enkele trekking, geen tetanus

---

<sup>1)</sup> T. a. p.

<sup>2)</sup> T. a. p.

<sup>3)</sup> T. a. p.

is. Verder merkte hij op, dat de negatieve schommeling eerder na de prikkeling intreedt dan de contractie en schatte het verschil in tijd op 0,1 seconde.

ENGELMANN onderzocht op bijna geheel dezelfde wijze hetzelfde onderwerp en kwam in hoofdzaak tot overeenkomstige resultaten. Hij was zijne onderzoekingen eerder begonnen dan MARCHAND, doch publiceerde ze een weinig later.

In al zijne 78 proeven werd de hartspier op de plaats, die het dichtst bij het punt van prikkeling was gelegen, eerst electronegatief ten opzichte van de andere afgeleide plaats. In 48 proeven werd deze negativiteit opgevolgd door een positieve phase, die in de 31 overige uitbleef.

Deze uitkomst bleek onafhankelijk van de plaatsing der electroden te zijn. Er werd afwisselend geprikkeld aan de basis, de punt, aan rechter- en linkerzijde, aan vóór- en achtervlakte, terwijl het deel, waarvan de stroom werd afgeleid, op zeer verschillende plaatsen der kameroppervlakte werd genomen en zijn lengte evenals zijn afstand tot het punt van prikkeling zooveel mogelijk werd gevarieerd: steeds werd de afgeleide plaats, die het dichtst bij het punt van prikkeling gelegen was, eerst electronegatief. Daaruit besluit ENGELMANN, dat de negatieve golf zich van de plaats der prikkeling naar alle richtingen door den ventrikel voortplant op dezelfde wijze, als dit met de contractiegolf plaats heeft, die *van* iedere vezel *door* iedere vezel *naar* iedere vezel wordt heengeleid.

De gedetailleerde wijze, waarop het potentiaalverschil tusschen twee plaatsen van het hart varieert, kan door een kromme lijn graphisch worden voorgesteld. Wanneer het punt van prikkeling dicht bij een der onpolariseerbare electroden wordt genomen, blijkt er slechts een zeer klein, bijna onmeetbaar latent stadium te bestaan. De negatieve potentiaal, die zich op de plaats dier electrode ontwikkelt,

neemt eerst langzaam, daarna sneller toe, bereikt na gemiddeld 0.09 sec. zijn maximum, om dan onmiddellijk weder te verminderen en door het nulpunt heen tot een positieven potentiaal over te gaan. Deze bereikt spoedig zijn maximum om daarna langzaam tot 0 te verminderen.

Met zeer weinig uitzonderingen is het maximum van den positieven potentiaal steeds geringer dan dat van den negatieven. De duur der geheele electrische schommeling is bij een tweevoudige schommeling gemiddeld 0.436 sec., bij een enkelvoudige gemiddeld 0.211 sec. De grootte is steeds maximaal en slechts afhankelijk van den toestand der hartspier, niet van de intensiteit der prikkeling en geheel in overeenstemming met hetgeen BOWDITCH vroeger reeds van de kracht der contractie had geleerd.

ENGELMANN vond de voortplantingssnelheid veranderlijk en wel geringer al naarmate er langer tijd verstreken was, nadat het hart was geëxcideerd. In het eerste halve uur na de excisie bedroeg deze tusschen 21,3 en 42,5 m.M. per sec.; in het tweede halve uur       "       13,8 " 18,0 " " " ; in het derde       "       "       "       14,3 " 15,9 " " " .

De electrische schommelingen van het kloppende zoogdierenhart werden door MARTIUS <sup>1)</sup> onderzocht met behulp van den capillair-electrometer. Hij stak bij honden en konijnen naaldvormige electroden door den borstwand heen in het hart en zag dat het kwik in den electrometer, die met de twee electroden geleidend was verbonden, bij iederen hartslag een enkele op- en neergaande beweging maakte. Daar deze beweging, volgens de stroboscopische methode nader onderzocht, zich niet in tal van schommelingen liet splitsen, bevestigde MARTIUS de meening zijner voorgangers,

---

<sup>1)</sup> MARTIUS. Studien zur Physiologie des Tetanus Du BOIS-REYMOND's Archiv, 1883, S. 542—594.



dat de systole van het hart uit een enkele trekking bestaat.

De eerste, die den capillair-electrometer aanwendde, om de electriche schommelingen van het hart te registreeren, is de beroemde Fransche physioloog MAREY <sup>1)</sup>, wiens groote verdiensten op het gebied der registreermethoden alom zijn erkend. Het opschrijven van de bewegingen van het kwik geschiedde langs photographischen weg. De ventrikel van een kikvorschenhart veroorzaakte bij iedere contractie een enkele schommeling, het geheele schildpaddenhart een dubbele, waarvan MAREY de eerste aan de voorkamer-, de tweede aan de kamercontractie toeschreef.

Wij moeten thans het werk bespreken van BURDON SANDERSON en PAGE <sup>2)</sup>, dat evenzeer om de nauwkeurigheid van uitvoering als om de ontdekking en de juiste appreciatie van tal van belangrijke feiten bewondering afdwingt.

Hun voornaamste onderzoek is met den differentiaalrheotoom van BERNSTEIN verricht, waarbij zij bijna geheel op dezelfde wijze te werk gingen als hunne voorgangers, MARCHAND en ENGELMANN. Naast den differentiaalrheotoom en later voornamelijk ter contrôle van de juistheid hunner waarnemingen maakten zij gebruik van den capillair-electrometer, zich in den aanvang vergenoegende met direct de bewegingen van het kwik in de haarbuis door het microscoop te bekijken en de grootte der uitslagen met behulp van een oculairmicrometer te meten, doch weldra overgaande tot het registreeren der electriche schommelingen, waarin zij kunnen gezegd worden uitnemend te zijn geslaagd.

<sup>1)</sup> MAREY. Comptes rendus de l'Acad. des Sc. de Paris. T. 83, 1876, p. 278; Circulation du Sang, 1881, p. 26; Méthode Graphique, p. 326.

<sup>2)</sup> BURDON SANDERSON and PAGE. On the time-relations of the excitatory Process in the ventricle of the heart of the frog. Journal of Physiology, vol. II, 1879—80, p. 384.

Hunne contrôle viel gunstig uit. De fraaie photographieën, die zij verkregen en die door directe lithophotographie ongeretoucheerd in hunne publicatie zijn weergegeven, vormen inderdaad de volkomene bevestiging van al de door hen verkregene resultaten.

Het hart van een kikvorsch of van een schildpad wordt door een STANNIUS-ligatuur tot stilstand gebracht en, terwijl van twee plaatsen der kameroppervlakte met behulp van onpolariseerbare elektroden een stroom wordt afgeleid, wordt er een punt in de nabijheid van één der elektroden met een inductieslag geprikkeld. Hierdoor ondergaat de afgeleide stroom een schommeling in intensiteit. BURDON SANDERSON en PAGE vinden de eigenschappen dezer schommeling anders en zij begrijpen haar aard en haar wezen ook op andere wijze dan de vorige onderzoekers. Dit komt zeer duidelijk aan den dag, wanneer wij de opgaven van den duur der schommeling onderling vergelijken. Terwijl ENGELMANN hiervoor slechts eenige tienden van een seconde noemt, geven BURDON SANDERSON en PAGE voor normale harten, bij de gewone temperatuur onderzocht, een duur van bijna twee volle seconden op.

Zij vinden, dat de temperatuur van het hart een grooten invloed op dezen duur uitoefent en hebben hem voor verschillende temperaturen nauwkeurig gemeten. Hiertoe werd het hart op het uitgeholde en met een laag vernis bedekte bovenvlak van een staanden metalen cylinder gelegd, in welks holte water circuleerde. Het bleek, dat tusschen  $12^{\circ}$  en  $18^{\circ}$  C. iedere graad verhooging een verkorting van den duur der electriche schommeling veroorzaakt ten bedrage van 0.1 sec. De periode van contractie duurt even lang als de electriche schommeling en ondervindt juist denzelfden invloed van de wisselingen in temperatuur als deze, waaruit BURDON SANDERSON en PAGE terecht besluiten, dat er een

innig verband tusschen beide verschijnselen moet bestaan. Is de periode van contractie van langen duur, zooals bij de hartspier het geval is, dan moet ook de electromotorische werkzaamheid van langen duur zijn. Dit was door de vorige onderzoekers niet erkend, die omtrent den aard der electromotorische werkzaamheid geheel andere denkbeelden koesterden, meenende, dat deze alleen met het latente stadium der spier zou samenvallen.

De geheele electrische schommeling, die bij de systole aan de hartekamer wordt waargenomen, wordt door BURDON SANDERSON en PAGE in drie fasen verdeeld: een beginphase, een periode van isoëlectriciteit en een eindphase. Zij toonen aan, dat de schommelingen, door ENGELMANN waargenomen, met hunne beginphase overeenkomt en dat ENGELMANN verkeerdelijk gemeend heeft, dat bij het intreden der periode van isoëlectriciteit de totale schommeling reeds geëindigd zou zijn.

Bij een nadere vergelijking van de kromme van ENGELMANN met de beginphase van de kromme van BURDON SANDERSON en PAGE komen evenwel nog eenige verschillen voor den dag, die niet geheel van beteekenis zijn ontbloot. Gemiddeld wordt deze phase door BURDON SANDERSON en PAGE iets korter gevonden, de tweevoudige schommeling wordt gemist, de duur van het latente stadium is grooter, minstens 0.023 à 0.035 sec. en eindelijk wordt aangetoond, dat de electromotorische kracht, hoewel deze evenmin direct kan worden gemeten, aanmerkelijk veel grooter moet zijn, dan door ENGELMANN wordt geschat.

Na de beginphase en de periode van isoëlectriciteit volgt de eindphase. Deze heeft een electromotorische kracht, welke in tegengestelde richting werkt van die der beginphase en daarbij geringer is van grootte doch langer van duur.

De verklaring, welke BURDON SANDERSON en PAGE van

den vorm der totale electrische schommeling geven, laat aan duidelijkheid niets te wenschen over. Van een punt, dat geprikkeld wordt, schrijdt een negatieve golf naar alle deelen van het hart voort en bereikt de beide onpolari-seerbare electroden  $A$  en  $B$  ongelijktijdig. Veronderstellen wij dat  $A$  eerder bereikt wordt dan  $B$ . Op het oogenblik, dat de golf in  $A$  is aangekomen, zal deze electrode een negatieven potentiaal vertoonen ten opzichte van  $B$  (beginphase). Zoodra echter  $B$  óók onder den invloed der golf geraakt en evenzeer als  $A$  electromotorisch werkzaam wordt, zullen de potentialen van de beide plaatsen elkaar neutraliseeren (periode van isoëlectriciteit). Ten slotte zal de negatieve golf verdwijnen en wel in normale omstandigheden het eerst op de plaats, waar zij ook het eerst aankwam, d. i. in onze omstandigheden op de plaats van de electrode  $A$ , die dan ten opzichte van  $B$  een positieven potentiaal vertoonen zal (eindphase).

Deze verklaring, die a priori reeds zeer aannemelijk is, wordt op drievoudige wijze nog nader bewezen. In de eerste plaats wordt een klein deel der hartspier bij de electrode  $A$  verwarmd, waardoor de negatieve golf hier plaatselijk in duur wordt verkort. In deze omstandigheden blijft de beginphase gelijk, doch de eindphase moet worden veranderd. Want daar de electromotorische werkzaamheid bij  $B$  even lang voortduurt als in het normale hart, moet zich haar potentiaal langer doen gelden dan die van  $A$ , waardoor de eindphase geheel in overeenstemming met hetgeen de proef leert, wordt verlengd en versterkt.

Geschiedt de verwarming bij  $B$ , dan blijft weder de beginphase gelijk, doch wordt de eindphase in omgekeerden zin gewijzigd. Zij wordt verkort en verzwakt. Is de verwarming sterk genoeg geweest, dan wordt zij zelfs van potentiaal veranderd.

Als 2<sup>e</sup> bewijs moeten de proeven met mechanische be-



leediging worden genoemd. Een mechanische belediging werkt op dezelfde wijze als plaatselijke verwarming met dit onderscheid alieen, dat de gevolgen van belediging voor langen tijd blijvend zijn, daarentegen die der verwarming gemakkelijk zijn te regelen en slechts eenige seconden behoeven aan te houden.

Ten slotte noemen wij het derde bewijs, dat BURDON SANDERSON en PAGE geleverd hebben, door de beide electroden op de hartspier zeer ver van elkaar af te plaatsen. Het hart van een schildpad wordt zoo doorgesneden, dat de twee stukken slechts door een smalle brug met elkaar samenhangen. Electrode *A* bevindt zich aan het uiteinde van het eene stuk, electrode *B* op dat van het andere, terwijl de geleiding der negatieve golf langs de brug zelve bovendien nog door mechanische drukking vertraagd en bemoeilijkt wordt. In deze omstandigheden zal zoowel de beginphase als de eindphase worden verlengd. Als de drukking op de brug zóó sterk is, dat de negatieve golf haar niet passeert, komt alleen de beginphase voor den dag en duurt deze ongeveer even lang als in normale omstandigheden de beginphase plus de periode van isoëlectriciteit.

Wij eindigen ons overzicht van het werk van BURDON SANDERSON en PAGE met de vermelding, dat zij ook de voortplantingssnelheid berekend hebben der negatieve golf Hunne berekeningen berusten op verschillende grondslagen en geven steeds een aanzienlijk hoogere uitkomst dan die van ENGELMANN, 100 à 125 m.M. in de seconde.

LÉON FREDERICQ <sup>1)</sup>, die met behulp van den capillair-electrometer de electriche schommelingen registreerde van

---

<sup>1)</sup> LÉON FREDERICQ. Sur les phénomènes électriques de la systole ventriculaire. Travaux du laboratoire de l'université de Liège. Tome II, 1887—1888.

automatisch kloppende hondenhart en vond, dat deze dikwijls begonnen met een plotseling negatief worden van de kamerpunt ten opzichte van de kamerbasis. In vele gevallen werd echter de negativiteit van de punt voorafgegaan door een zeer korte phase, gedurende welke zij electropositief was ten opzichte van de basis. FREDERICQ's photographieën vertoonen onregelmatig gevormde krommen, die dikwijls een groote samengesteldheid bezitten. Gedurende een enkele systole komen tal van grootere en kleinere schommelingen voor, die FREDERICQ aanleiding hebben gegeven te meenen, dat de systole zelve meer met een tetanus dan met een enkele spiertrekking te vergelijken is. Hij stelt zich voor, dat bij den tetanus eener skeletspier de electriche schommelingen volkomen gescheiden blijven, terwijl deze in het hart in meerdere of mindere mate samenvloeien. Dit laatste moet verklaard worden door den langeren duur, die iedere electriche schommeling in het hart heeft.

De groote samengesteldheid van de kromme komt het duidelijkst aan het uitgesneden stervende hart voor den dag. Het is, zegt LÉON FREDERICQ, alsof de nadering van den dood het hart noopt, zijn geheimen aan den onderzoeker te openbaren.

Kortelijks zij hier het werk van de twee Italiaansche geleerden FANO en FAYOD <sup>1)</sup> vermeld, die eveneens met behulp van den capillair-electrometer de electriche schommelingen van het hart registreerden.

Zij onderzochten voornamelijk de voorkamers van het hart der schildpad en vonden, dat deze behalve electriche schommelingen in denzelfden rhythmus als de gewone harts-

---

<sup>1)</sup> FANO et FAYOD. De quelques rapports entre les propriétés contractiles et les propriétés électriques des oreillettes du cœur. Arch. Ital. de Biologie, T. 9, 1888, p. 143.

werking nog andere onregelmatige electrische schommelingen vertoonden van veel langeren duur. Deze laatste worden door hen toegeschreven aan den invloed van den nervus vagus, die als trophische zenuw werkzaam zou zijn en zijn functie periodisch zou vermeerderen en verminderen. De periodische variaties in den electrischen tonus bleken niet samen te vallen met de eveneens waargenomene periodische wisselingen in de mechanische functie.

Naar dezelfde methode als LÉON FREDERICQ en FANO en FAYOD werd ongeveer gelijktijdig een zeer belangwekkend onderzoek verricht door de twee Engelsche geleerden WALLER en REID <sup>1)</sup>. Wij kunnen hun werk in twee deelen splitsen en vergenoegen ons, van het eerste gedeelte alleen de resultaten kortelijk te vermelden. Deze zijn :

1°. Dat er bij kikvorschen zoowel als bij zoogdieren gedurende de spontane systole een negatieve golf voortschrijdt over het geheele hart, die nu eens tot een monophasische, dan weer tot een diphasische electrische schommeling aanleiding geeft.

2°. Dat bij het kikvorschenhart zonder uitzondering de negativiteit 't eerst aan de kamerbasis begint, terwijl het begin bij zoogdierenharten wisselend is en meestal de punt eerder negatief wordt dan de basis. De verklaring van dit laatste verschijnsel zoekt WALLER in de hartzenuwen, die den prikkel snel van de atrioventriculairgrens naar de kamerpunt zouden geleiden en hier het eerst de spiervezelen der kamer tot contractie brengen.

---

<sup>1)</sup> AUGUSTUS D. WALLER and E. WAYMOUTH REID. On the action of the excised mammalian heart. *Philosoph. transactions of the Royal Society of London*, vol. 178 (1887), B, pp. 245—256.

AUGUSTUS D. WALLER. On the electromotive changes connected with the beat of the mammalian heart and of the human heart in particular. *Ibid.* vol. 180 (1889), B., pp. 169—194.

3°. Dat de vorm der electriche schommeling gemakkelijk wordt gewijzigd door geringe belediging van het hart en door variaties in temperatuur.

Het tweede gedeelte van den arbeid, dat door WALLER alleen werd bewerkt, moeten wij uitvoeriger ter sprake brengen.

WALLER beproefde de electriche schommelingen van het zoogdierenhart te verkrijgen door een der electroden in plaats van op het hart zelf ergens op het lichaam in de nabijheid van het hart te brengen. Toen zijn proef gelukte, plaatste hij beide electroden op het lichaam, de eene in de nabijheid der kamerbasis, de andere in de nabijheid der kamerpunt en had eveneens het succes, den rhythmischen hartslag aan de uitslagen van zijn capillair-electrometer te kunnen waarnemen. Zelfs bleek, dat de electroden zonder veel nadeel ver van het hart verwijderd, bijv. in den bek en in het rectum konden worden geplaatst, en langs dezen weg kwam WALLER tot de merkwaardige ontdekking, dat de electriche schommelingen van het menschelijke hart voor den onderzoeker geen geheim meer behoeften te blijven. Hij begon het onderzoek met zijn eigen lichaam en merkte dadelijk op, dat de juiste keuze van de plaats, waar de electroden werden aangelegd, van groote beteekenis was. Eenige combinaties van afgeleide plaatsen waren veel gunstiger dan andere, bij welke de capillair-electrometer geene of slechts zeer geringe uitslagen vertoonde.

Tot de gunstige combinaties behoorden:

- Borst en rug;
- Rechter- en linker hand;
- Rechter hand en rechter voet;
- Rechter hand en linker voet;
- Mond en linker hand;
- Mond en rechter voet;
- Mond en linker voet.



De ongunstige combinaties waren:

- Linker hand en linker voet;
- Linker hand en rechter voet;
- . Rechter- en linker voet;
- Mond en rechter hand.

In den aanvang werd WALLER door deze verschillen verast en kon er de oorzaak niet van vinden. Het was, zoo zegt hij, niet in te zien, waarom bijv. de afleiding van den mond en de rechter hand onwerkzaam zou zijn, terwijl de afleiding van den mond en de linkerhand een duidelijke schommeling ten gevolge heeft. Alleen een uitvoerig onderzoek kon hier licht brengen en dit is met bevredigenden uitslag door WALLER verricht.

Zijne verklaring luidt thans, dat het geheele lichaam door een schuin vlak in twee helften wordt verdeeld, waarvan de eene, *P*, den potentiaal der kamerpunt, de andere, *B*, den potentiaal der kamerbasis aanneemt. Het bedoelde vlak deelt de as van het hart loodrecht midden door en heeft dus aan haar eene zijde *P* de twee onderste ledematen en den linkerarm, aan de andere zijde *B* den rechter arm en het hoofd. Een combinatie van een plaats *P* met een plaats *B* is gunstig, een combinatie van twee gelijknamige plaatsen *P* of *B* is ongunstig.

Ter nadere contrôle werden proeven genomen met een der electroden in het rectum, waardoor WALLERS denkbeelden werden bevestigd.

Gunstige combinaties waren:

- Rectum en mond;
- Rectum en rechter hand.

Ongunstige waren:

- Rectum en linker hand;
- Rectum en rechter voet;
- Rectum en linker voet.

Ten slotte vermelden wij de voltooiing, die hij aan zijn werk gaf door waarnemingen bij viervoetige dieren en bij twee gevallen van situs inversus viscerum.

De viervoetige dieren vertoonden, voor zoover als WALLER hen onderzocht, niet de asymmetrie van den mensch. Het scheidingsvlak staat bij hen loodrecht op de lengteas van het lichaam, zoodat als gunstige combinaties gevonden worden:

Bek en elk der achterste extremiteiten;

Oog en elk der achterste extremiteiten;

Rectum en elk der voorste extremiteiten;

Rectum en oog of bek;

Elk der voorste en elk der achterste extremiteiten;

en als ongunstige:

Bek of oog en elk der voorste extremiteiten;

Rectum en elk der achterste extremiteiten;

De twee voorste extremiteiten;

De twee achterste extremiteiten.

Het onderzoek der beide gevallen van situs inversus viscerum leerde, geheel in overeenstemming met wat kon worden verwacht, dat tot de gunstige combinaties behoorden:

Mond en rechter hand;

Linker hand en linker voet;

Linker hand en rechter voet;

en tot de ongunstige:

Mond en linker hand;

Rechter hand en rechter voet;

Rechter hand en linker voet.

Deze resultaten zijn tegengesteld aan die, verkregen bij den normalen mensch. In overeenstemming met den normalen mensch vertoonen personen met situs inversus viscerum een gunstige combinatie bij afleiding van:

Mond en rechter voet;

Mond en linker voet;

Linker hand en rechter hand.

Bij beide wordt als ongunstige combinatie gevonden:

Linker voet en rechter voet <sup>1)</sup>.

Aan het einde onzer historische inleiding behandelen wij nog het in September 1892 volledig verschenen werk van BAYLISS en STARLING <sup>2)</sup>. Hun methode van onderzoek komt met die der laatstgenoemde onderzoekers overeen. Zij vonden in tegenstelling met WALLER en FREDERICQ bij het normaal kloppende hondenhart steeds dezelfde diphasische kromme, waarbij eerst de kamerbasis, daarna de kamerpunt electronegatief werd. Een belediging van het hart op de plaats van een der elektroden maakte de kromme monofasisch, hetgeen volkomen in overeenstemming is met de vroeger reeds vermelde resultaten, die BURDON SANDERSON en PAGE bij het kikvorschen- en schildpaddenhart hadden verkregen. Verder hadden locale variaties in temperatuur een zeer merkwaardig effect: wanneer de kamerbasis door ijs werd afgekoeld, werd zonder uitzondering bij iedere systole de punt eerder negatief dan de basis. Hetzelfde resultaat werd bereikt, door inademing van koude lucht en gedurende den tijd dat dit plaats greep, konden BAYLISS en STARLING weder naar willekeur de basis eerder negatief maken door de punt met behulp van ijs af te koelen.

Zij vonden het latente stadium der negatieve golf in het hondenhart zeer kort, meestal onmeetbaar en zeker niet langer dan 0.005 sec. Voor den tijd van voortplanting van den prikkel van de voorkamers door de atrioventriculair-grens naar de kamers geven zij als uiterste getallen van

---

<sup>1)</sup> Zie verder Hoofdstuk V.

<sup>2)</sup> BAYLISS and STARLING. Internat. Monatschr f. Anat. u. Physiol. 1892, Bd. IX, S. 256—281.

een serie van metingen 0.12 sec. en 0.16 sec. op. Bij het stervende hart is deze duur veel grooter en wordt er in de atrioventriculairgrens eindelijk een onoverkomelijke hinderpaal voor den voortschrijdenden prikkel gevormd. BAYLISS en STARLING stellen zich scherp tegen de voorstelling van LÉON FREDERICQ, als zou de systole van het hart met den tetanus eener skeletspier te vergelijken zijn <sup>1)</sup>.

---

<sup>1)</sup> Zie verder Hoofdstuk V.

## HOOFDSTUK II.

---

### Methode van Onderzoek.

Zooals reeds in het voorbericht werd gezegd, is ons onderzoek naar de electriche verschijnselen van het hart met behulp van den capillair-electrometer <sup>1)</sup> verricht. Wij achten het overbodig dit werktuig en het principe, waarop het berust, uitvoerig te beschrijven, daar men het in ieder leerboek van physiologie vermeld vindt.

Intusschen mogen wij niet nalaten om stil te staan bij de wijze, waarop de bewegingen van het kwik in het capillaire buisje werden geregistreerd.

---

<sup>1)</sup> De capillair-electrometer bestaat uit een glazen buis, die aan een uiteinde tot een haarbuis is uitgetrokken en met kwik is gevuld. Het capillair dompelt in een bakje, waarin zich een verdunde  $H_2SO_4$ -oplossing bevindt. Is de drukking in de capillaire buis constant en bestaat er geen potentiaalverschil tusschen het zwavelzuur in het bakje en het kwik in de buis, dan zal het laatste een meniscus vormen, die een bepaalden onveranderlijken stand in de haarbuis inneemt. Niet zoodra echter krijgen het zwavelzuur en het kwik een verschil in potentiaal, of de meniscus verplaatst zich en wel in de richting naar het kwik, wanneer dit electronegatief, in tegengestelde richting, wanneer het electropositief wordt.



De sterk verlichte, verticaal gestelde haarbuis wordt door het lenzenstelsel van een microscoop op een scherm geprojecteerd. In het scherm bevindt zich een nauwe spleet en dicht achter de spleet is een cylinder opgesteld, die om een verticale as draaibaar is en welks oppervlakte met broomzilver-gelatinepapier is bespannen. Het beeld der haarbuis valt juist op de spleet en laat deze duister op de plaats van het kwik, terwijl zij op de plaats van het verdunde zwavelzuur is verlicht.

Wanneer de cylinder draait, terwijl het kwik in de haarbuis onbewegelijk staat, zal de grens tusschen onverlicht en verlicht gedeelte van het broomzilverpapier d. i. de grens tusschen het onveranderde wit en het zwart, dat na de ontwikkeling op het papier voor den dag komt, een rechte lijn zijn. Heeft het kwik zich daarentegen gedurende het draaien van den cylinder op en neer bewogen, dan is die grens een gebogen lijn en de vorm dier lijn is tevens de juiste uitdrukking van de wijze, waarop zich het kwik bewogen heeft.

Bij een reeks van voorloopige proeven was mij gebleken, dat men gedurende het doen van waarnemingen met den capillair-electrometer groote bezwaren ondervindt van bewegingen in de omgeving. Het dichtslaan van een deur op de eene of andere plaats van het laboratorium, het voorbijgaan van een voertuig op straat, het verrichten van timmermanswerk in de werkplaats en andere oorzaken van sterke schudding en trilling deelden aan den meniscus in het capillaire buisje zulke heftige bewegingen mede, dat iedere microscopische waarneming zoo goed als onmogelijk was. Voor het doen van fijnere waarnemingen en nauwkeurige metingen, vooral om de bewegingen van het kwik bij sterke vergrooting te photographeeren, moest dus eene inrichting worden gemaakt, waarbij de capillaire buis zoo veel moge-

lijk van de trillingen der omgeving werd geïsoleerd. Te dien einde werd een massieve pijler diep in den grond gemetseld met het bovenvlak, door een plaat hardsteen gedekt, op de hoogte van den beganen vloer, terwijl de geheele massa voor iedere aanraking met de omgeving anders dan aan het grondvlak zorgvuldig werd gevrijwaard. Op den pijler staat een opzettelijk voor het doel vervaardigde tafel met vier zware, uitstaande pooten, die onderling door verscheidene planken en balken zijn verbonden. Alle benodigde werktuigen, die zich op de tafel bevinden, zijn met zorg en stevig aan haar blad bevestigd.

Hoewel deze voorzorgsmaatregelen niet voldoende bleken te zijn om alle trillingen te keeren en de photogrammen, die bijv. gedurende het passeeren van een rijtuig of het dichtslaan van een deur werden genomen, onbruikbaar waren, zijn wij toch in staat geweest, om gedurende rustige oogenblikken lijnen te schrijven, die in alle opzichten aan de gestelde eischen beantwoorden.

In afwijking van de meest gebruikelijke inrichting van den capillair-electrometer werd bij onze proeven een afzonderlijk statief aangewend, waarin de uitgetrokken buis was vastgeschroefd, terwijl het bakje met verdund zwavelzuur, waarin het uiteinde der buis was gedompeld, aan de objecttafel van het microscoop was bevestigd.

Het afzonderlijk statief bestaat uit drie aan elkaar verbondene koperen sleden, wier bewegingsrichtingen loodrecht op elkaar staan. De onderste, grootste slede ligt in een horizontaal vlak en beweegt zich in de richting van vóór naar achter. Zij draagt een zwaar stuk koper, welks vóórvlakte loodrecht op de genoemde bewegingsrichting staat. Op deze vlakte is eene tweede slede aangebracht, die zich van links naar rechts beweegt en tevens de draagster is van de derde slede, die in verticale richting wordt bewogen.

Aan deze laatste is de verticale stang van een WESTIEN'sche klem bevestigd. De tweede, ongeveer horizontaal gestelde stang, kort en dik evenals de eerste, heeft aan haar uiteinde een doelmatig ingerichte klemschroef, die nog afzonderlijk beweegbaar is. Hierin wordt de met kwik gevulde uitgetrokken glazen buis vastgezet.

Met behulp van dit statief is men in staat om de richting en de plaats van het capillair gemakkelijk en met groote nauwkeurigheid te regelen. De grove instelling geschiedt direct met de WESTIEN'sche klem. De fijnere met behulp van de sleden. Deze worden alle door micrometer-schroeven bewogen.

Ten einde bovendien een grootere en snellere beweging in verticale richting mogelijk te maken, kan een der sleden nog direct met de hand worden veresteld en met een paar schroeven vastgezet.

Het gebruik van bovenbeschreven statief heeft een dubbel voordeel. In de eerste plaats wordt door de gemakkelijke en vlugge instelling het projecteeren bij groote vergrooting op een nauwe spleet in hooge mate vereenvoudigd en in de tweede plaats wordt men in staat gesteld om met niet veel tijdverlies de uitgetrokken buis door een ander te vervangen.

Dit bleek bij onze proeven dikwijls noodig te zijn. Behalve dat een eenmaal goedgekeurde buis wel eens brak, of om welke andere oorzaak dan ook onbruikbaar werd, moesten — en dit is een hoofdzaak bij het gebruik van den capillair-electrometer, — vele getrokken buizen worden beproefd, om er de beste uit te kiezen. Wij maakten van gewone glazen buizen gebruik, die een uitwendigen diameter van ongeveer 9 m.M. en eene lengte van ongeveer 8 c.M. hadden. Zij werden aan de blaastafel uitgetrokken, waarbij wij zorg droegen een snellen overgang van het wijde gedeelte naar

het nauwe te verkrijgen en het capillaire gedeelte zelve vooral niet langer te maken dan voor een gemakkelijke hanteering bij het projecteeren werd vereischt. Wij handelden hierbij naar een voorschrift, dat onmiddellijk uit een mathematische ontwikkeling van Prof. EINTHOVEN volgde, die theoretisch vastgesteld had, welke vorm voor de uitgetrokken buis de doelmatigste was. De practijk bleek met de theorie volkomen in overeenstemming, daar ik, naar zijne voorschriften handelende, inderdaad zeer gevoelige en snel werkende capillair-electrometers verkreeg. De aan de blaas-tafel getrokken buizen werden gevuld en één voor één beproefd. Bleken de capillaire einden langer te zijn dan noodig was, zoo werden deze afgeknipt. De minder goede werden vernietigd en de beste op doelmatige wijze in reageerbuisjes met luchtdichte afsluiting bewaard, waar zij langen tijd hare goede eigenschappen bleven behouden en steeds dadelijk voor het onderzoek gereed stonden.

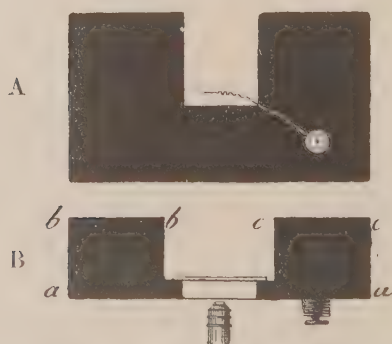
Om het kwik in de uitgetrokken buis onder de gewenschte drukking te brengen en te houden, maakten wij gebruik van twee door een caoutchoucslang verbondene reservoirs, waarvan het eene onder aan de werktafel een vaste plaats had en het andere met behulp van een kruk aan een draaibare as op en neer kon worden bewogen. De caoutchoucslang was geheel, de beide reservoirs waren gedeeltelijk met kwik gevuld en om mogelijke schommelingen en trillingen te vermijden, geschiedde het op- en neerhalen van het verplaatsbare reservoir langs het vlak eener plank, die opzettelijk een weinig schuin was gesteld.

Door aan de kruk te draaien kon men de drukking in het vaste reservoir nauwkeurig regelen en hiermede tevens de drukking in den capillair-electrometer beheerschen, daar beide door middel van een glazen buis en een tweede caoutchoucslang luchtdicht met elkaar in verbinding stonden.

In deze laatste slang was dicht bij den capillair-electrometer een rechthoekig omgebogen glazen buisje gelascht, waarin een platinadraad was gesmolten. De draad was met haar eene uiteinde in het kwik van de uitgetrokken buis gedompeld en werd aan haar andere uiteinde geleidend verbonden met een op de werktafel bevestigde klemschroef.

Het bakje met verdund zwavelzuur, waarin het capillaire uiteinde der buis gedompeld is, is met eenige kleine wijzigingen naar het model van LÉON FREDERICQ geconstrueerd. Het bestaat uit een 5 m.M. dikke plaat eboniet, die in het midden uitgesneden is op de wijze, zooals op de afbeelding der verticale doorsnede (zie fig. 1, A) is aangegeven. Het uitgesneden deel wordt aan de voorvlakte, d. i. de kant vanwaar het licht komt, door een stuk dun glas gesloten. Aan de achtervlakte, d. i. naar den kant waar zich het objectief van het microscoop bevindt, is het gedekt door een groot dekglas. Het voorste glas is van dezelfde dikte als de object-, het achterste als de dekglasten, die bij het microscopiseeren gewoonlijk worden

Fig 1



gebruikt. Het bakje, dat op deze wijze wordt gevormd, is



25 m.M. diep en 20 m.M. lang. De breedte bedraagt 5 m.M. en is gelijk aan de dikte van de ebonieten plaat. Het bakje is half met kwik, half met eene zwavelzuuroplossing van 5 % gevuld. Het kwik wordt door middel van een platina-draad in geleidende verbinding gebracht met eene op de ebonieten plaat bevestigde klemschroef. De draad loopt door een kanaal, dat door den ebonieten wand is geboord en dat verder, om lekkage te vermijden, met lak is volgegoten. Het geheele bakje wordt met een paar veeren tegen de objecttafel van het microscoop vastgedrukt. Om echter tusschen deze en de klem van den capillair-electrometer eenige ruimte te laten, is de ebonieten plaat *aa* van twee blokken *bb* en *cc* voorzien, hetgeen door de afbeelding der horizontale doorsnede op fig. 1, *B* verduidelijkt kan worden.

Bij het projecteeren werd als lichtbron een automatische booglamp, die tevens voor handregulatie is in te richten, uit de fabriek van SIEMENS en HALSKE gebruikt. Zij brandt met een stroomsterkte van 12 Ampère bij een spanning van 43 Volt en wordt gevoed door een gasmotor met dynamomachine, die ons telkens met groote welwillendheid door Professor KAMERLINGH ONNES in bruikleen werd afgestaan. Wij brengen hem hiervoor gaarne onzen welgemeenden dank.

De lamp, wier kolen schuin gesteld zijn, staat op een afzonderlijk voetstuk en is dicht bij de werktafel geschoven. Met behulp van twee stelschroeven aan het voetstuk is men in staat de geheele lamp zoowel van boven naar beneden als van rechts naar links te schuiven, zoodat haar plaats vóór de werktafel met groote nauwkeurigheid kan worden geregeld. Zoolang er nog voorbereidende maatregelen moesten worden getroffen, deed de automatische regulator goede diensten. Wij verkozen het echter, om gedurende

de photographische opname dezen buiten werking te stellen en een helper te verzoeken de regulatie met de hand over te nemen.

Bij het concentreeren van het licht op den capillair-electrometer brachten wij in hoofdzaak de regels in toepassing, die door Dr. ROD. ZEISS uitvoerig in den afzonderlijken catalogus voor microphotographie van de firma CARL ZEISS te Jena zijn gegeven. Een lenzenstelsel van 12 c.M. opening en korten brandpuntsafstand vormt een omgekeerd reëel beeld van den krater der positieve pool op een iris-diaphragma, dat een klein en geheel gelijkmatig verlicht deel van den krater afsnijdt. Van hieruit valt het licht op een achromatischen condensor, die aan het statief van het microscoop is bevestigd en die van het iris-diaphragma een volkomen scherp, verkleind beeld werpt in het vlak van de haarbuis. Als statief gebruikten wij dat voor microphotographie van ZEISS en als condensor het objectief *A A*, gevat in een centreerinrichting, waarmede men in staat is om het beeld van het iris-diaphragma, — dat steeds kleiner dan het gezichtsveld genomen wordt, — de juiste plaats in het veld te geven.

In sommige opzichten week onze inrichting van de voorschriften af, die door ZEISS gegeven worden. In de eerste plaats maakten wij alleen van het voorste lenzenstelsel van zijn „Sammellinsensystem” gebruik, om vooral den hoek waaronder het licht op het iris-diaphragma valt, niet grooter te maken dan noodig is. In de omstandigheden, waaronder wij werkten, bleek dit een onmiskenbaar voordeel te zijn. Een tweede afwijking onzer inrichting bestond in het aanbrengen van een gewone lens uit een brillendoos, tegen de opening van het diaphragma aan.

Deze lens werd van zoodanig lichtbrekend vermogen gekozen, dat er van het „Sammellinsensystem” een scherp

beeld op den achromatischen condensor werd geworpen. Hierdoor werd de verspreiding van het licht naast en om den condensor zooveel mogelijk vermeden.

Ten behoeve der projectie van het beeld werd steeds gebruik gemaakt van een objectief, dat grooter apertuur had dan het als condensor gebruikte objectief *AA*. Wij projecteerden meestal met de objectieven *CC* of *D* in den regel zonder projectieoculair. Het beeld van de haarbuis werd geworpen op een 50 m.M. lange, verticaal gestelde spleet, waarvan men de wijdde nauwkeurig kan regelen. Men leest de spleetwijdde af op een cirkelvormig verdeelde schaal, waarlangs zich een wijzer beweegt; gedurende de geheele reeks onzer proefnemingen hielden wij de spleetwijdde op 0.25 m.M.

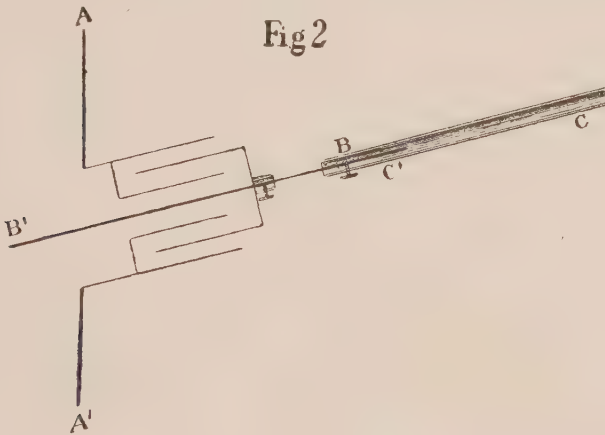
Zoo dicht mogelijk achter de spleet bevindt zich het photographisch bereide papier, dat om een draaibaren cylinder is gespannen. Uit den aard der zaak moet er voor gezorgd worden, dat gedurende de proefneming geen licht het gevoelige papier anders bereiken kan dan door de spleet en dat verder de spleet zelve weder geen ander licht ontvangt, dan hetgeen noodig is, om een beeld van de haarbuis te vormen. Toch moet men den cylinder door een uurwerk kunnen bewegen en tevens in staat zijn, om het uurwerk zelf op de gewenschte oogenblikken in gang te zetten en te arrêteren. Op zeer verschillende wijzen kan aan deze voorwaarden worden voldaan. LÉON FREDERICQ maakte gebruik van twee aan elkaar grenzende kamers, waarvan de eene, waarin de cylinder en het uurwerk stonden, donker — de andere, waarin de lichtbron en de capillair-electrometer waren opgesteld, licht was. De personen, die bij de proefnemingen assisteerden, moesten dus in twee afzonderlijke vertrekken worden geplaatst. Op dergelijke wijze experimenteerden ook BURDON SANDERSON en BURCH, en ook WALLER.

De fraaie phonophotographische onderzoeken van L. HERMANN zijn verricht in een zaal, die gemakkelijk volmaakt voor de chemisch werkende stralen van het licht was af te sluiten, zoo zelfs, dat het bespannen van den cylinder, het weder afnemen van het papier en het ontwikkelen der photogrammen in de zaal zelve geschieden kon. Desnietteenstaande was de draaibare cylinder in een bijna lichtdicht sluitende kist gesloten, zoodat de zaal gedurende den tijd dat de photogrammen werden geschreven, zonder bezwaar door het opsteken van een lamp een weinig kon worden verlicht, hetgeen, zooals HERMANN zegt, aangenaam was voor het houden van het protocol.

De inrichting, die door professor EINTHOVEN te mijner beschikking werd gesteld, wijkt van al de boven beschrevene in meerdere of mindere mate af. Wij experimenteerden in een door vier ramen helder verlichte zaal, terwijl de cylinder met het gevoelige papier zich in een volmaakt lichtdicht sluitende kist bevond. Het uurwerk, dat den cylinder moet bewegen, bevindt zich in de zaal op een afzonderlijke tafel en brengt zijn beweging op den cylinder over door middel van een om haar eigen as draaibare metalen stang. De stang steekt door den wand der kist en kan zich vrijelijk draaien zonder dat het licht van de kamer binnen in de kist dringt. Dit wordt bewerkstelligd door toepassing van hetzelfde principe, dat door ZEISS aangewend wordt, om een lichtdichte en desnietteenstaande mechanisch volkomen vrije verbinding te verkrijgen tusschen den tubus van zijn statief voor microphotographie en de camera obscura.

De hieronder staande teekening, fig. 2, waarin  $AA^1$  den wand der kist en  $BB^1$  de bedoelde stang voorstelt, licht dit nog nader toe.  $CC^1$  is een buis, die aan haar uiteinde

$C$  door middel van een ring van CARDANUS aan het uurwerk



is verbonden, terwijl het uiteinde  $C^1$  over de stang  $B B^1$  geschoven wordt. De stang  $B B^1$  en de buis  $C C^1$  passen in elkaar en daar hare dwarse doorsneden niet rond zijn, deelt  $C C^1$  de van het uurwerk verkregen draaiing om haar eigen as aan  $B B^1$  mede. Aan het uiteinde  $B^1$  in de kist bevindt zich weder een ring van CARDANUS, welke nog met behulp van twee schijven à frottement dur de draaiing op den cylinder overbrengt.

Wanneer een nieuw vel papier om den cylinder gespannen moet worden, wordt  $C C^1$  van  $B B^1$  afgeschoven en de geheele kist naar de donkere kamer gebracht. Daar wordt zij geopend, de cylinder wordt uit de kist genomen, met een nieuw vel papier bespannen en, na weder op een vaste plaats in de kist te zijn bevestigd, te zamen met deze naar de werkzaal teruggebracht.

De spleetinrichting is vast aan den wand der kist verbonden en kan gezegd worden een deel er van uit te maken. Bij het verplaatsen der kist behoeft de spleet niet eerst te worden gesloten. Zij kan de haar eenmaal gegevene wijdte



blijven behouden, daar het binnendringen van licht belet wordt door een dunne koperen plaat, die zich in de kist tusschen de spleet en het gevoelige papier bevindt en door middel van een stang verbonden is aan een buiten de kist uitstekenden knop. Door den knop te bewegen is men in staat, de koperen plaat weg te trekken of haar weder achter de spleet te schuiven. Het behoeft nauwelijks te worden vermeld, dat de stang zich lichtdicht door den wand der kist beweegt.

De geheele kist staat op een vlakke plaat, wier hoogte met drie stelschroeven nauwkeurig geregeld kan worden. Is alles op de juiste plaats gesteld en wordt een scherp beeld van de haarbuis op de spleet geworpen, dan wordt de kist aan het eene einde eener camera verbonden, in principe geheel overeenkomende met de gewone camera voor microphotographie. Met haar andere einde schuift de camera lichtdicht over den tubus van het microscoop en vertoont aan haar zijwand een opening <sup>1)</sup>, die als kijkgat dienst doet. Eerst wanneer alle verbindingen gereed zijn en het photographeeren een aanvang zal nemen, wordt de dunne koperen plaat achter de spleet weggeschoven en tegelijk het uurwerk in beweging gesteld.

Na één omwenteling te hebben volbracht, stuit de cylinder tegen een neus en moet hij worden teruggedraaid. Tevens moet de hoogte worden veranderd om bij de tweede wenteling het licht op een nieuwe vlakke van het papier te laten inwerken. Te dien einde behoeft de kist niet naar de donkere kamer te worden vervoerd.

Twee groote ronde openingen in de zijwanden, van lange lakensche mouwen voorzien, geven gelegenheid aan een

---

<sup>1)</sup> Zie WALLER. Philosoph. Transactions of the Royal Society. Vol<sup>2</sup> 178. p. 235.

persoon om zijne armen binnen in de kist te brengen en aldaar het noodige te verrichten, zonder dat het licht binnendringt. Met behulp van een stel stokjes van verschillende, vooraf nauwkeurig bepaalde lengte, kan hij den cylinder op de gewenschte hoogte aan zijn as vastschroeven en hem tevens langs den afgelegden weg terug draaien, terwijl door verschuiving van den bovengenoemden knop van te voren zorg gedragen is, dat het licht dat door de spleet valt, het papier niet kan bereiken.

De door ons gebruikte inrichting heeft het nadeel, dat men genoodzaakt is, om den cylinder met de kist, — te samen een aanzienlijk gewicht vertegenwoordigende, — telkens nadat het photographische papier is verbruikt, naar een ander vertrek over te brengen. Wij merken echter op, dat het gebruikte papier een breedte van 21 c.M. heeft, zoodat de cylinder achter de spleet van 5 c.M. vier omwentelingen kan volbrengen, zonder dat de photogrammen in elkaar loopen.

De omtrek van den cylinder bedraagt 60 c.M.. De vier omwentelingen representeren dus eene gezamenlijke lengte van 240 c.M., voor ons doel in zooverre voldoende, dat het slechts bij uitzondering gebeurde, dat wij op denzelfden dag de kist met den cylinder meer dan ééns moesten wegdragen.

Het groote voordeel onzer inrichting bestaat daarin, dat de personen, die ons bij het experimenteren hielpen, en verder alle werktuigen in dezelfde zaal bijeen waren, terwijl een helder licht de noodige manipulaties, vooral de vivisecties zeer vergemakkelijkte. Alleen het ontwikkelen der photogrammen diende in de daarvoor expresselijk ingerichte donkere kamer te geschieden.

Staan wij aan het slot van dit hoofdstuk nog kortelijk bij dat ontwikkelen stil en zeggen wij tevens nog eenige woorden over de gevoeligheid van het gebruikte papier.

Daar het ons te doen was, om vrij zwak en vooral zeer kort verlichte plaatsen nog te voorschijn te doen komen, kozen wij de krachtigste ontwikkelaars uit, die in verschillende handboeken van photographie worden aanbevolen. Als zoodanig onderzochten wij LAINERS hydrochinon <sup>1)</sup>, Eikonogeen-hydrochinon <sup>2)</sup>, Eikonogeen met potasch <sup>3)</sup> en het in den laatsten tijd zoozeer aanbevolen Rodinal, en kwamen tot het resultaat dat Eikonogeen met potasch ons de beste diensten bewees. Voor zooverre ons onderzoek strekt, vereenigen wij ons dus gaarne met de uitspraak van EDER <sup>4)</sup>, dat hiermede momentopnamen voor den dag te brengen zijn, welke door geen anderen ontwikkelaar kunnen verkregen worden.

Het recept is :

Zwaveligzure natron 10 gram.

Potasch 5 „

Aq. destill. 150 „

Bij bovenstaande oplossing worde 5 gram eikonogeen gevoegd.

De gevoeligheid van het door ons gebruikte papier was voor het beoogde doel voldoende. Wij gebruikten het door HERMANN aanbevolen papier van Dr. STOLZE uit Berlijn en volgden ook menigmaal zijn voorbeeld, om de afzonderlijke vellen een dag vóór het gebruik gedurende 1 minuut in eene ammoniakoplossing van 1:1000 te dompelen <sup>5)</sup>, ten einde de gevoeligheid der broomzilverlaag te verhoogen. HERMANN geeft in zijne phonophotographische

---

<sup>1)</sup> LUDWIG DAVID und CHARLES SCOLIK. Die Praxis der momentphotographie. Halle, 1892. S. 215.

<sup>2)</sup> Id. id.

<sup>3)</sup> J. M. EDER. Ausführl. Handb. der Photographie.

<sup>4)</sup> T. a. p., bl. 306.

<sup>5)</sup> Archiy f. d. gesaminte Physiol., 1890. Bd. 47, S. 45.

onderzoekingen <sup>1)</sup> een berekening van den expositietijd bij sommige zijner proeven en komt tot het resultaat dat die  $\frac{1}{10214}$ , ja  $\frac{1}{12419}$  sec. bedragen kon, terwijl er nog steeds duidelijke beelden werden verkregen. Wij werkten met groote vergrootingen en dus met veel zwakker licht dan HERMANN. Onze spleet was 0.25 m.M., terwijl de snelheid van draaiing verschillend was. Bij een vergrooting van 200 maal kon de lineaire omwentelingssnelheid van den cylinderomtrek 2 c.M. in de seconde bedragen, om nog de vorming van duidelijke beelden toe te laten. Hieruit volgt, dat bij deze vergrooting de expositietijd niet veel korter dan  $\frac{1}{80}$  seconde mocht zijn. 't Behoeft geen betoog, dat het mogelijke minimum van den expositietijd veel geringer wordt, wanneer bij een geringere vergrooting ook de verlichting wordt versterkt.

---

<sup>1)</sup> Archiv f. d. gesammte Physiol., 1889. Bd. 45, S. 592.

## H O O F D S T U K   III

---

### Het Kikvorschenhart.

Bij het onderzoek naar de electrische verschijnselen van het kikvorschenhart <sup>1)</sup> maakten wij gebruik van de onpolariseerbare electroden van DU BOIS-REYMOND. Een zoodanige electrode bestaat uit een glazen buis, die in een doelmatig statief is geklemd. Van boven open, is de buis van onderen door pijpjaarde gesloten, die met een keukenzoutoplossing van 0.8 % is gekneed. In de buis bevindt zich een verzadigde oplossing van sulfas zincicus, waarin een staaf geamalga-meerd zink gedompeld is. Naar het voorbeeld van ENGELMANN werd een katoenen draad in de pijpjaarde geplant, terwijl het vrije uiteinde van den draad voorzichtig met de hartspier in aanraking gebracht werd. Het vrije uiteinde van de zinken staaf is geleidend verbonden met een der polen van den capillair-electrometer.

Om een juist oordeel te verkrijgen over het absolute potentiaalverschil tusschen twee plaatsen van het hart, maakten wij gebruik van eene inrichting waarbij wij gemakkelijk de verbinding der polen van den capillair-electrometer konden wijzigen en wel zoodanig, dat deze verbonden werden aan twee punten, waarvan het absolute potentiaalverschil bekend

---

<sup>1)</sup> Er werden alleen exemplaren van RANA ESCULENTA gebruikt.



was. Met een eenvoudigen stroomwisselaar, een element van DANIELL en een weerstandsbank bereikten wij ons doel. Stond de wisselaar in den eenen stand, dan was de capillair-electrometer verbonden aan de onpolariseerbare electroden, werd hij omgeslagen, dan werd deze verbinding verbroken en tegelijkertijd de polen van den capillair-electrometer verbonden aan twee stoppen *A* en *B* van een weerstandsbank. Door de geheele bank werd de stroom geleid van een element van DANIELL en wanneer men de weerstanden in de bank doelmatig varieerde, kon men het potentiaalverschil, dat er tusschen de stoppen *A* en *B* heerschte, naar willekeur regelen. Wij maakten dat potentiaalverschil bijv. gemakkelijk tot 0.01 of 0.001 DANIELL en het leverde op die wijze geen moeite op, om door vergelijking en nauwkeurige meting het juiste potentiaalverschil tusschen twee plaatsen van het hart te leeren kennen.

In de geleiddraden, die van den stroomwisselaar naar de polen van den capillair-electrometer liepen, was nog een sleutel van DU BOIS-REYMOND en een stroomwender ingelascht. De laatste stelde ons in staat om, bij overigens geheel gelijke omstandigheden, den stroom alleen in den capillair-electrometer om te draaien. De sleutel van DU BOIS-REYMOND werd gebruikt, om bij sluiting alle potentiaalverschil tusschen de beide polen van den electrometer op te heffen en dus het nulpunt te leeren kennen. Alleen wanneer hij werd geopend, verkregen de polen het potentiaalverschil of van de onpolariseerbare electroden of van de stoppen der weerstandsbank.

De tijd werd bij onze proeven geregistreerd met behulp van een stalen staaf uit den chronoscoop, door een electromagneet met een zelfonderbrekend contact in trilling gehouden. De trillingen worden door luchttransport overgebracht naar een registreertrommel, die in de boven beschreven

donkere kamer <sup>1)</sup> is geplaatst en wier hefboom zich zoo dicht mogelijk bij de spleet vóór den draaienden cylinder op en neer beweegt. Op deze wijze wordt er een schaduw in den vorm van een geslingerde lijn op het gevoelige papier geworpen en daar de stalen staaf tien geheele trillingen in de seconde volbrengt, beantwoordt de afstand tusschen twee hoogste of tusschen twee laagste plaatsen der lijn aan 0.1 seconde.

Ten slotte vermelden wij nog, dat onder den hefboom der registreertrommel zich een electrisch markeerapparaat bevindt. Een helper neemt de bewegingen van het hart waar en drukt bij iedere kamercontractie op een Morse-sleutel, welke met het markeerapparaat is verbonden. Op die wijze worden de oogenblikken van systole en diastole voor ons doel voldoende geregistreerd.

Het kikvorschenhart werd op verschillende wijzen onderzocht: het hart in situ, terwijl het al of niet door het pericardium was bedekt, zoowel als het uitgesneden hart, en de elektroden werden op verschillende plaatsen van de hartekamer aangelegd. Hoewel de krommen, aldus verkregen, niet alle gelijkvormig waren, valt het toch niet moeilijk een bepaald type te herkennen, dat als algemeen type mag worden aangemerkt.

Als zoodanig geldt bijv. fig. 1 der Plaat. De punt van de hartekamer is aan het kwik, de basis aan het zwavelzuur van den electrometer verbonden <sup>2)</sup>. In diastole vertoonen beide plaatsen van het hart geen potentiaalverschil. Bij iedere contractie echter, die aangegeven wordt door een daling der lijn van het markeerapparaat vinden wij twee

---

<sup>1)</sup> Zie Hoofdstuk II.

<sup>2)</sup> Wanneer niet opzettelijk het tegendeel wordt vermeld, is de plaatsing der elektroden als de hier beschrevene.

witte toppen, de eerste,  $p$ , smal en hoog, de tweede,  $q$ , breeder en lager, beide corresponderende aan een negatief worden der kamerbasis ten opzichte van de kamerpunt. Bij nauwkeurige-meting blijkt tevens dat de grenslijn, die den voet van beide spitsen vereenigt en dus gedurende de systole geschreven wordt, niet recht loopt, doch een weinig naar onderen is gebogen en op haar laagste punten beneden de lijn der diastole komt te staan (negativiteit der kamerpunt).

De lijn der systole, midden tusschen de twee eindspitsen in, vertoont bij de verschillende onderzochte harten verschillen. Wij hadden gelegenheid om van acht geëxideerde harten, zooveel mogelijk met zorg behandeld, duidelijke photographische krommen te verkrijgen en vonden de lijn der systole nu eens lager dan weer hooger dan die der diastole, terwijl in sommige gevallen beide lijnen op dezelfde hoogte bleven.

Bij drie der ons ten dienste staande krommen is de afwijking, die de lijn der systole vertoont, sterker dan bij de andere. Tusschen de twee toppen,  $p$  en  $q$ , dicht bij den eersten, bevindt zich een benedenwaarts gerichte scherpe spits, die bij de lijn, welke wij in fig. 2 der Plaat reproduceeren, nog door een kleinen bovenwaarts geïchten top wordt gevolgd, zoodat de geheele hartslag 4 phasen vertoont.

Al deze verschillen, die trouwens alleen aan het midden-gedeelte en nimmer aan het begin of het einde der lijn voorkomen, staan in nauw verband met de plaatsen, waar de elektroden zijn aangelegd. Zoo geeft bijv. fig. 3 der Plaat de kromme aan van een hart, dat bij de gewone plaatsing der elektroden een kromme schreef, die in alle opzichten met fig. 1 overeenkomt. Terwijl fig. 3 geschreven werd, was echter de electrode der kamerbasis opzettelijk meer naar de punt toe gebracht. Beide elektroden hadden slechts

een afstand van 1 m.M. van elkaar. Bij weer een andere plaatsing der electroden werd eene kromme geschreven, die veel op fig. 2 der Plaat gelijk. Men ziet dat het type der lijnen in zooverre behouden is gebleven, dat de spits aan het begin en die aan het einde der systole aanwezig zijn en ongeveer denzelfden vorm bezitten.

Een poging, om te onderzoeken, of de geschreven schommelingen ook onder den invloed der boezemcontracties stonden, werd gedaan door een Stannius-ligatuur aan te leggen, waarbij de boezemcontracties werden gekeerd, terwijl de kamer rustig voort bleef kloppen. De uitslag was, dat de kromme ongeveer hetzelfde karakter vertoont met of zonder boezemcontracties, dat althans het eerste gedeelte der systole volkomen onveranderd blijft, waaruit wij mogen besluiten, dat in onze proeven alleen de systole der kamer de door ons gefotographeerde elektrische schommelingen veroorzaakt.

De verklaring van den vorm der besprokene lijnen is, wanneer wij slechts de theorie van HERMANN volgen, niet moeilijk te geven.

Nemen wij aan, dat alleen de kamercontractie de oorzaak der elektrische schommeling is en dat verder niet alle deelen der kamerspier tegelijk in den toestand van samentrekking zijn, doch eene contractiegolf voortschrijdt van de eene plaats van het hart naar de andere, dan moeten wij drie perioden onderscheiden.

1°. Het begin der contractie aan de basis, die met een negativiteit aldaar gepaard gaat en waardoor de eerste top *p* der kromme veroorzaakt wordt.

2°. De voortschrijding der contractiegolf naar de punt en de contractie der punt zelve. Deze beide kunnen vele verschillen vertoonen. De snelheid van voortschrijding en de kracht der contractie kunnen varieeren, en deze variaties

veroorzaken de talrijke verschillen, die de geschrevene lijnen midden in de systole vertoonen.

3°. Het einde der contractie aan de basis. De contractie der kamerpunt is kort van duur en steeds eerder geëindigd dan de contractie der basis. Hierdoor wordt aan het einde der systole de basis weer negatief ten opzichte van de punt en ontstaat de tweede naar boven gerichte top  $q$ .

Na het bovenstaande blijft de vraag nog gewettigd, of onze lijnen de electriche schommelingen aangeven van het waarlijk normale kikvorschenhart. Ofschoon wij onze voorzorgen zoo goed mogelijk hebben genomen, kunnen wij hieromtrent geen zekerheid geven. Intusschen mogen wij als onze overtuiging uitspreken, dat het algemeene type, dat wij boven beschreven en zonder uitzondering bij de 8 onderzochte harten terug vonden, eene duidelijke aanwijzing bevat voor de typische lijn van het normale hart.

Wij hebben de electriche schommelingen van het normale hart vergeleken met die, welke wij konden verkrijgen nadat het hart onder den invloed van verschillende vergiften was gebracht.

Een nauwkeurige en fraaie studie van de werking der vergiften zou eerst kunnen plaats hebben, wanneer men de electriche schommelingen van het normale hart in al hare variaties volkomen begreep en de voorwaarden geheel beheerschte, om de eenig juiste lijn der electriche schommelingen te registreeren. Het schijnt alsof wij een verkeerden weg bewandelen, dat wij voordat aan deze voorwaarden is voldaan, thans reeds tot de studie der vergiften zijn overgegaan. Intusschen vindt ons plan zijne beste verdediging in de uitkomst.

Wij onderzochten de werking van digitaline, muscarine en atropine, alle als krachtige maar vooral als zeer typische



hartgiften overbekend, en konden constateeren dat zij de electricische schommelingen van het hart op constante, voor elk der drie vergiften geheel eigenaardige wijze veranderden.

De proeven werden verricht door eenvoudig eenige druppels eener zwakke oplossing op het uitgesneden hart te brengen, waarin ter voorkoming van bijwerking  $\text{ClNa}$  was gevoegd ten bedrage van 0.7 %. Daarbij werd zorg gedragen, dat de elektroden, die van te voren waren aangelegd en hare juiste plaats bleven behouden, niet direct door de oplossing werden bevochtigd.

Deze wijze van toepassing mag ruw schijnen, zij beantwoordt evenwel volkomen aan het doel, dat wij ons gesteld hebben, de oplossing der vraag, of er ook typische veranderingen tot stand komen onder den invloed der vergiften. Die veranderingen in juiste maat weer te geven ten opzichte van de hoeveelheden gebruikt vergift hebben wij niet gewenscht. Wij kunnen wel aannemen, dat het algemeene type der werking gelijk zal zijn, of wij het vergift op deze of op gene wijze met het hart in aanraking brengen, en moeten het aan latere onderzoekers overlaten, het onderzoek gedetailleerder te verrichten.

### Digitaline.

Wanneer eenige druppels eener digitaline-oplossing van 5 % op het hart worden gedruppeld, bemerkt men aan de kromme der electricische schommelingen behalve een vermindering in frequentie der hartslagen nog een zeer typische verandering. De lijn van het midden der systole rukt hooger en hooger boven de lijn der diastole, totdat er eindelijk geen grens meer tusschen de toppen  $p$  en  $q$  aan het begin en het einde van een systole is te trekken en deze met elkaar samensmelten tot één enkelen zeer hoogen en breedten top.

Alle zeven harten, van welke wij na digitaline-vergiftiging de electrische schommelingen photghapheerden, leverden ons het bovenbeschreven beeld. Ter nadere toelichting diene de reproductie van een kromme op fig. 4 der Plaat. De eenige variatie, die de verschillende krommen vertoonen, bestaat in de meerdere of mindere steilte der dalende lijn, waarin men dikwijls ook nog een geringe golving kan opmerken. Daar de lijn der diastole recht en zoo goed als evenwijdig aan de abscis loopt, zou men bij oppervlakkige beschouwing kunnen meenen, dat het potentiaalverschil tusschen de punt en de basis gedurende de hartspauze evenals bij al onze krommen van normale harten gelijk 0 is. Doch een eenvoudige vergelijking met de plaats van het nulpunt leerde ons zonder uitzondering, dat onder den invloed van digitaline bij een hart in diastole de kamerpunt negatief wordt ten opzichte van de basis.

Deze negativiteit neemt kort na de toediening van digitaline toe, bereikt na eenigen tijd haar maximum, om dan weder langzaam te verminderen. Op fig. 4 der Plaat is bij *aa* de nullijn aangegeven. De kromme is geschreven eenige weinige seconden nadat de digitaline-oplossing op het hart is gedruppeld en toont aan, hoe het potentiaalverschil tusschen punt en basis toeneemt.

Wij meenen de werking van digitaline aldus te moeten verklaren, dat de punt van het hart reeds spoedig na de toediening blijvend gecontraheerd is en dus in de pauze ten opzichte van de verslapte basis een negatieven potentiaal vertoont. Daar de punt thans weinig of niet meer bijdraagt tot de rhythmische golvingen, moet de basis de eenige bijdrage leveren en zal dus de vorm der kromme alleen de schommelingen der kamerbasis vertegenwoordigen. Geheel in overeenstemming met de verklaring, die wij boven van de kromme van den normalen hartslag gaven, is de con-

tractie der kamerbasis van langen duur en dus de golf, die de elektrische schommeling aangeeft, breed.

Uit de verhooging der golf mogen wij niet direct afleiden, dat de hartspier zich onder den invloed van digitaline krachtiger contraheert. De mogelijkheid bestaat, dat die verhooging alleen veroorzaakt wordt door het uitblijven van de variaties in potentiaal aan de punt.

### Muscarine.

Wij konden slechts twee krommen verkrijgen van het door muscarine vergiftigde hart. Beide toonen dezelfde afwijking van de kromme van het normale hart en wel eene verhooging en vooral verbreeding van den met  $q$  betitelden top. De verklaring van deze verandering moet luiden, dat de punt van het hart sneller dan normaal haar contractie eindigt, of wel dat de basiscontractie van langeren duur wordt.

### Atropine.

Ook van het door atropine vergiftigde hart staan ons slechts twee krommen ten dienste <sup>1)</sup>. Beide vertoonen eenzelfde typische afwijking van de normaal. De eerste top,  $p$ , wordt hoger, de tweede,  $q$ , lager en verdwijnt spoedig geheel, zoodat alleen  $p$  overblijft zie fig. 5 der Plaat.

De verklaring moet hier luiden, dat of de negativiteit der punt lang aanhoudt en die der basis volkomen compenseert, of dat de punt tot de schommeling niet meer bijdraagt en de golf der basis verkort is.

---

<sup>1)</sup> De harten waren te voren met muscarine vergiftigd. Eerst daarna werd atropine toegediend.

## HOOFDSTUK IV.

---

### Het Konijnen- en het Hondenhart.

Wij hebben slechts de gelegenheid gehad, drie konijnen en één hond aan het onderzoek te onderwerpen.

De elektroden werden aan het hart in situ aangelegd. Hiervoor moest eerst een tracheotomie bij het proefdier worden verricht, de borstkas geopend en de ademhaling kunstmatig onderhouden. Een kleine hoeveelheid curare, even voldoende om de sterkere willekeurige bewegingen van het dier tegen te gaan, werd kort vóór de opening van den thorax in de vena jugularis externa gespoten, om het verdere gedeelte van de vivisectie te vergemakkelijken. Ook ontving de hond subcutaan een dosis morphine. De kunstmatige ademhaling <sup>1)</sup> werd regelmatig onderhouden met behulp van een motor RENNESS, die, evenals de blaasbalg en het proefdier, op een muurvaste steenen tafel was geplaatst. Wij vermelden dit afzonderlijk om te doen uit-

---

<sup>1)</sup> Dr. H. J. HAMBURGER heeft in het Nederl. Tijdschr. v. Geneesk. 1890, I, blz. 629, de aandacht gevestigd op den invloed, die de adembewegingen op de electromotorische variaties van het hart uitoefenen. Wij hebben bij de beschouwing onzer krommen dien invloed niet kunnen bespeuren en merken op, dat rhythmische schommelingen, anders dan door de hartswerking veroorzaakt, ook niet in de krommen voorkomen, welke andere schrijvers hebben gepubliceerd.

komen, dat wij zorg gedragen hebben, dat de ademhalingstoestel niet door rhythmische schokken en stooten den kwikmeniscus in den capillair-electrometer zou doen trillen.

Als electroden deden weder de onpolariseerbare electroden van DU BOIS-REYMOND dienst, thans echter doelmatig van vorm veranderd: de glazen buizen waren aanzienlijk langer en in de plaats van de gewone statieven werden WESTIEN'SCHE universaalklemmen gebezigd. De stroomverdeling was als bij de proeven met het kikvorschenhart.

De resultaten onzer proeven zijn te wisselend en vooral te gering in aantal om ons tot conclusies te leiden over den aard der hartscontractie. Ook willen wij zelve reeds dadelijk verklaren, dat niet die voorzorgen genomen werden, die naar BAYLISS en STARLING noodig blijken te zijn, om vooral de temperatuur van het hart niet te doen veranderen. Een paar warme kruiken naast het proefdier moeten wel onvoldoende geweest zijn, om de lichaams-temperatuur bij wijd geopenen thorax op normale hoogte te houden. Doch of het geheel alleen hieraan toe te schrijven is, dat wij krommen verkregen, nu eens gelijkende op fig. 6, dan weer op fig. 7 der Plaat, meenen wij te moeten betwijfelen.

Aan den anderen kant echter aarzelen wij, om in onze conclusies zoo ver te gaan als LÉON FREDERICQ, met wiens krommen eenige van de onze zeer veel overeenkomst vertoonen. LÉON FREDERICQ besluit uit de samengesteldheid der gephotographeerde electrische schommelingen tot de samengesteldheid der contractie van het normale zoogdierenhart. Dit vraagstuk is van groote beteekenis voor onze opvatting over den aard en het wezen der hartscontractie en over den vorm van den pols <sup>1)</sup>. Het verdient

---

<sup>1)</sup> Zie o. a. J. VON KRIES, Studien zur Pulslehre, Freiburg 1892, S. 97.



daarom gewis een uitvoerig onderzoek. Wij hebben hiertoe de gelegenheid niet gehad en willen thans slechts op de afbeeldingen wijzen, die wij van sommige photographiën hebben doen vervaardigen.

Fig. 6 der Plaat is verkregen van een konijn, dat op de reeds boven beschrevene wijze is behandeld en dat na de curare nog eenige andere vergiften per venam jugularem heeft ontvangen, het laatst 35 m.G. digitaline, successive bij kleine giften toegediend. De punt van het hart is met het kwik, de basis met het zwavelzuur van den electrometer geleidend verbonden.

De kromme is zeer samengesteld en vertoont twee scherpe spitsen, die twee oogenblikken van sterke negativiteit van de punt aanduiden. Zonder dat verder eenige opzettelijke verandering is aangebracht, wordt 2 minuten later de kromme van fig. 7 der Plaat geschreven, die een geheel ander karakter vertoont dan fig. 6. Bij iederen hartslag beweegt zich het kwik hier snel naar de richting van het zwavelzuur, om zich even snel terug te trekken en naar de andere zijde uit te slaan. De lichte spits correspondeert aan de negativiteit der punt, de donkere aan die der basis.

Op fig. 8 der Plaat wordt de hartslag gereproduceerd van een 15,5 K.G. zwaren hond, wien een kleine dosis curare per venam jugularem is toegediend. De kamerpunt is geleidend aan het kwik, de kamerbasis aan het zwavelzuur van den capillair-electrometer verbonden. De kromme vertoont scherpe spitsen, die aan zeer snelle bewegingen van het kwik in den capillair-electrometer te danken zijn. De snelheid dezer bewegingen was zoo groot, dat bij het bekijken van het geprojecteerde beeld de uitslag van den capillair-electrometer verre werd onderschat. Ook mag men als zeker aannemen, dat het absolute potentiaalverschil, dat deze bewegingen heeft veroorzaakt, veel grooter is, dan een

eenvoudige meting van de hoogte der spits zou doen vermoeden.

Ongeveer een half uur later wordt de kromme van fig. 9 der Plaat geschreven. Eerst was den hond een kleine dosis muscarine, vervolgens atropine per venam jugularem toegediend, zonder dat deze vergiften den vorm der kromme belangrijk wijzigden. Ten slotte was 65 m.G. digitaline ingebracht. Het karakter der lijn is thans in zooverre veranderd, dat de scherpe, lichte spits naar boven verkort, daarentegen de donkere top naar onderen verbreed en verlengd is.

---

## HOOFDSTUK V.

---

### Het Menschelijke Hart.

Voor zoover ons bekend is, zijn tot heden nog slechts twee opgaven gepubliceerd van de electrische schommelingen van het menschelijke hart en beide zijn in de hoofdzaken met elkaar in strijd. Daar de belangrijkheid in het oog springt der vele vragen, die men met het nadere onderzoek dezer verschijnselen wellicht tot oplossing zou kunnen brengen, is het geringe aantal der tot nog toe bekend geworden waarnemingen waarschijnlijk toe te schrijven aan de groote technische moeilijkheden, die daarbij moeten worden overwonnen. Men dient een gevoeligen en snelwerkenden capillair-electrometer te hebben, daar anders de hartslag, waarvan de electromotorische werkingen zeer verzwakt naar de verschillende deelen van het lichaam worden overgebracht, in het geheel niet aangegeven wordt. Maar verder moet men òf over direct zonlicht òf over electrisch booglicht kunnen beschikken, over een voor trillingen van de omgeving geïsoleerde opstelling, eene inrichting voor projectie en voor het opvangen van het beeld, kortom de uitvoering van het even eenvoudige als aanlokkelijke denkbeeld gaat met tal van bezwaren gepaard.

Ook wij hebben die in ruime mate ondervonden. Aan de afbeeldingen die wij op fig. 10, 11 en 12 der Plaat van onze

krommen reproduceeren, ziet men de onvolkomenheden onzer inrichting duidelijk weergegeven. De grens tusschen het wit en het zwart is niet scherp, terwijl men ook op vele plaatsen de gevolgen van trilling bemerkt, welke vooral daarom bizonder hinderen, omdat de verheffingen en dalingen, die de werkelijke potentiaalverschillen aangeven, slechts gering zijn. Was de grens volkomen scherp en waren alle trillingen afwezig, dan zou de kleinheid der excursies op zich zelve geen noemenswaardig bezwaar opleveren, daar de eenmaal geschreven lijn gemakkelijk door photographie zou kunnen worden vergroot. Thans kan dit hulpmiddel ons slechts weinig baten.

Niettegenstaande de vele daaraan klevende onvolkomenheden achten wij de reproductie onzer electro-cardiogrammen toch ten volle gerechtvaardigd. Men zal bij de nadere beschouwing der lijnen immers gemakkelijk een onderscheid kunnen maken tusschen de voornaamste golvingen, welke aan werkelijke potentiaalverschillen moeten worden toegeschreven en die, welke door mechanische trilling der werktuigen worden veroorzaakt en mogen ook de fijnere details der kromme verloren zijn, de hoofdzaken komen duidelijk aan den dag.

Wij namen de beide handen voor de plaatsen van waar de stroom werd afgeleid en brachten deze met een zeer groot aanrakingsoppervlak door middel van onpolariseerbare elektroden met den capillair-electrometer in verbinding. Iedere arm werd tot bijna aan den elleboog in een afzonderlijke poreuse pot gedompeld, waarin zich een doelmatig verwarmde keukenzoutoplossing van 0.5 % bevond. De poreuse potten stonden in groote glazen cylinders, waarin gebogen platen geamalgameerd zink in een verzadigde oplossing van sulfas zincicus waren geplaatst. De zinkplaat van iederen cylinder was met een geleiddraad aan een der

polen van den capillair-electrometer verbonden. Overigens waren op dezelfde wijze als bij de boven reeds beschrevene proeven een Daniell-element, een weerstandsbank, een sleutel van DU BOIS-REYMOND, een stroomwender en een stroomschakelaar ingelascht (zie Hoofdstuk III).

Fig. 10 der Plaat geeft mijn eigen hartslag aan. De linkerhand is verbonden aan het kwik, de rechter aan het zwavelzuur van den electrometer. Het beeld der haarbuis is ongeveer 200 maal vergroot en de omwentelingssnelheid van den cylinder kan worden opgemaakt uit de lijn die door den chronoscoop is geschreven; evenals bij de vorige figuren correspondeert hier de afstand tusschen twee toppen aan 0.1 seconde. Bij *a* wordt de sleutel van DU BOIS-REYMOND geopend, waarop plotseling het kwik in de buis daalt. De linkerhand is electropositief ten opzichte van de rechter en bij nauwkeurige meting blijkt het potentiaalverschil 0.0229 Daniell te bedragen. De hartslag wordt aangegeven door eene dubbele schommeling, beide in dezelfde richting, waarbij de potentiaal der linkerhand, d. i. dus de potentiaal der hartpunt, telkens wordt verhoogd.

De eerste verheffing treedt plotseling in, bereikt spoedig haar maximum en daalt dan langzamer. De duur is 0.04 à 0.05 seconde. De tweede verheffing is zoowel in de ana- als in de katakrote lijn minder steil, bereikt ongeveer dezelfde hoogte en duurt 0.20 seconde. De duur der totale elektrische schommeling is ongeveer 0.37 seconde, welk bedrag nagenoeg overeenkomt met hetgeen door BAYLISS en STARLING <sup>1)</sup> gevonden werd.

Wegens de traagheid van het kwik kan de vorm der geschrevene lijn nimmer de volkomen juiste graphische voorstelling zijn van de variaties in potentiaalverschil. Om de

---

<sup>1)</sup> T. a. p. S. 279.



juiste voorstelling te verkrijgen zou de gefotografeerde lijn eerst moeten worden gecorrigeerd met behulp van gegevens, die weder af te leiden zijn van de bijzondere eigenschappen van den gebruikten capillair-electrometer <sup>1)</sup>. Ook kunnen wij zonder de bedoelde correcties niet de absolute grootte der potentiaalverschillen opgeven en moeten ons met de bepaling der minimumwaarde vergenoegen. Deze bedraagt voor beide verheffingen ongeveer 0.0004 Daniell.

Tot contrôle van fig. 10 kan fig. 11 dienen, die verkregen is door den stroom in den capillair-electrometer om te draaien. De absolute potentiaalverschillen, afhankelijk van den hartslag, hebben juist hetzelfde bedrag, en de vorm der kromme beantwoordt geheel aan hetgeen men na de beschouwing van fig. 1 reeds à priori kon construeeren. De twee verheffingen van fig. 10 zijn twee inzinkingen geworden, waardoor tevens wordt aangetoond, dat zij in geen geval door de mechanische trillingen van het werktuig kunnen veroorzaakt zijn.

In fig. 12 reproduceeren wij de electrische harts-kromme van den Heer v. d. W. De linkerhand is verbonden aan het kwik van den capillair-electrometer, de rechter aan het zwavelzuur. De vergrooting en de lijn der trillingen van den chronoscoop komen overeen met die der twee vorige figuren. Bij *a* wordt de sleutel van DU BOIS-REYMOND geopend en daalt het kwik in de haarbuis, om bij *b* op het oogenblik, dat de sleutel gesloten wordt, nauwkeurig zijn vorigen stand weer in te nemen. De daling representeert een potentiaalverschil van 0.0194 Daniell en bij den Heer v. d. W. is weder de linkerhand electropositief ten opzichte van de rechter. De vorm der harts-kromme gelijkt zeer veel

<sup>1)</sup> G. J. BURCH. Proceedings of the Royal Society, 1890, vol. XLVIII, p. 90.

op die van mij. Echter is de bij iederen hartslag wederkeerende dubbele verhooging van potentiaal, die aan de linkerhand valt waar te nemen, iets grooter en moet minstens op 0.0005 Daniell worden geschat. Verder komt vooral de eerste top duidelijker voor den dag, daar hij den eersten top mijner hartskromme behalve in hoogte ook nog in breedte overtreft. Men moet hieruit besluiten, dat de plotselinge potentiaalverhooging, die door dezen top wordt aangeduid, bij den heer v. D. W. langer aanhoudt dan bij mij.

Deze voorstelling wordt nog bevestigd door de hartskromme van den heer v. D. W., die geschreven werd, terwijl zijn rechterhand aan het kwik, zijn linker aan het zwavelzuur van den capillair-electrometer verbonden was <sup>1)</sup>.

Hoe moeten deze krommen worden verklaard?

Zonder twijfel houdt het ontstaan der rhythmische verheffingen en dalingen direct verband met de hartswerking, hetgeen al dadelijk besloten mag worden uit den rhythmus zelve, die, — zooals het gelijktijdig opschrijven der electriche schommelingen met den ictus cordis of met een pols bij herhaling heeft geleerd, — volkomen met den rhythmus der hartswerking overeenstemt <sup>2)</sup>. Doch kunnen wij al zeker zijn, dat de hartsbeweging de oorzaak der rhythmische potentiaalverschillen is, op de vraag naar de gedetailleerde wijze, waarop die oorzaak werkt, moeten wij een stellig antwoord voorloopig nog schuldig blijven. Er zijn verschillende verklaringen mogelijk. In de eerste plaats kan men daaraan denken, dat de pols, in de handen aankomende, door beweging en wrijving tegen de aangelegde elektroden ter plaatse zelve een electricch potentiaalverschil doet ont-

---

<sup>1)</sup> Deze kromme is niet op de plaat overgenomen.

<sup>2)</sup> Ook bij onze krommen der potentiaalverschillen van het mensche lijke hart is geen spoor te bemerken van den directen invloed der adembewegingen; zie hierover Hoofdstuk IV.

staan. Dit denkbeeld is onmiddellijk weerlegd door den ontdekker van het verschijnsel, AUG. D. WALLER, die aantoonde, dat het electriche potentiaalverschil in de verschillende lichaamsdeelen telkens eerder aankomt dan de pols. Wij moeten dus wel aannemen, dat de potentialen der verschillende deelen van het hart door *electriche* geleiding naar de verschillende lichaamsdeelen worden overgebracht.

De vraag, welke deelen van het hart hiertoe bijdragen, wordt door WALLER in dien zin beantwoord, dat de contractie der voorkamers niet den minsten invloed uitoefent, maar dat de electriche schommelingen der beide lichaams-helften geheel alleen door de contractie der kamers worden veroorzaakt. WALLER besluit hiertoe vooral op grond van proeven, die hij bij gedooide dieren, veelal katten, genomen heeft, bij welke het hart nog lang na den dood bleef voortkloppen. Bij geopende borstkas kon hij meermalen observeren, dat de voorkamers een anderen rhythmus vertoonden dan de kamers en dat bij het aanleggen der electroden aan bek en anus de electriche schommelingen synchronisch waren met de kamercontracties, terwijl van een invloed der voorkamercontracties niets te bespeuren was. Of deze observaties bij gedooide dieren met geopenden thorax zonder eenig voorbehoud volledig kunnen worden toegepast op den mensch, meenen wij te mogen betwijfelen. Het komt ons voor, dat door een verschil in de gewichtsverhouding tussen kamers en voorkamers, een verandering in de houding van het lichaam of een veranderde ligging van het hart in den thorax het karakter der electriche schommelingen in de verwijderde lichaamsdeelen zou kunnen worden gewijzigd.

De kromme, die WALLER van het menschelijke hart publiceert, is verkregen door het kwik van den capillair-electrometer met den mond, het  $\text{H}_2\text{SO}_4$  met den linker

voet in verbinding te brengen. De mond krijgt den potentiaal der kamerbasis, de voet dien der kamerpunt. De kromme vertoont twee fasen. De eerste is kort en geeft een negativiteit der punt, de tweede duurt langer en geeft een negativiteit der basis aan. WALLER vindt hierdoor zijn vroegere proeven bevestigd, dat de negatieve golf in de hartekamer van punt naar basis voortschrijdt.

Maar BAYLISS en STARLING komen tot een geheel andere uitkomst. Zij vinden, dat, op welke plaatsen van het lichaam de electroden ook mogen worden aangelegd, de negativiteit steeds het eerst aanwezig is aan de basis van het hart. Zij onderscheiden in de kromme drie fasen, die aldus worden beschreven: 1<sup>e</sup> een scherpe spits, die de negativiteit der basis aangeeft; 2<sup>e</sup> een langer aanhoudende excursie in tegenovergestelde richting (negativiteit der punt); 3<sup>e</sup> een excursieve en langdurige beweging in dezelfde richting als de scherpe spits (negativiteit der basis).

De kromme, die wij zelven verkregen en boven reeds beschreven, sluit zich meer bij die van BAYLISS en STARLING dan bij die van WALLER aan. Wellicht zijn deze verschillende uitkomsten aan de individueele verschillen toe te schrijven der onderzochte personen en wij willen niet nalaten te vermelden, dat onze directe microscopische waarnemingen met den capillair-electrometer ons wel eenigermate in dit denkbeeld hebben versterkt.

Het zal evenwel noodig zijn, een afzonderlijk onderzoek in te stellen, om na te gaan, hoe hoog de invloed moet worden aangeslagen van de gebruikte werktuigen, voornamelijk de verschillende capillair-electrometers en verder van de plaatsen, waar en de wijze, waarop de electroden worden aangelegd.

## VERKLARING DER PLAAT.

---

Alle figuren moeten van links naar rechts gelezen worden. Zij zijn getrouwe reproducties der verkregen negatieven, zoodat de donkere tinten correspondeeren met de plaatsen, die verlicht waren ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), de lichte tinten daarentegen met de plaatsen, waar schaduw viel (Hg, markeerapparaat, chronoscoop).

De chronoscoop maakt tien geheele trillingen in de seconde.

De breede, lichtgrijze lijn, midden in het donkere veld, wordt door den hefboom van het markeerapparaat geschreven. Hare dalingen geven ongeveer den tijd aan der systolen van het hart.

*Fig. 1, 2 en 3.* Electriscbe schommelingen van het automatisch kloppende kikvorschenhart. Zoowel gedurende de beginphase *p* als gedurende de eindphase *q* is de kamerbasis electronegatief ten opzichte van de punt.

*Fig. 4.* Id. na digitaline-vergiftiging. De beginphase *p* en de eindphase *q* zijn samengesmolten tot een enkele golf.

*Fig. 5.* Id. na atropine-vergiftiging. De beginphase *p* is versterkt, de eindphase *q* blijft achterwege.

*Fig. 6 en 7.* Electriscbe schommelingen van het konijnenhart.

*Fig. 8 en 9.* Electriscbe schommelingen van het hondenhart.

*Fig. 10.* Electriscbe schommelingen van het hart van W. T. DE V. De linker hand is aan het kwik, de rechter



aan het zwavelzuur van den capillair-electrometer verbonden. Bij *a* wordt de sleutel van DU BOIS-REYMOND geopend. Zoo-  
wel gedurende de beginphase *p* als gedurende de eindphase *q* is de basis sterker negatief ten opzichte van de punt.

*Fig. 11.* Id. De rechterhand is aan het kwik, de linker aan het zwavelzuur van den electrometer verbonden. Weder is in de beginphase *p* en de eindphase *q* de basis sterker negatief.

*Fig. 12.* Electrische schommelingen van het hart van den heer v. d. W. De nadere toelichting komt overeen met die van *Fig. 10*. Bij *b* wordt de sleutel van DU BOIS-REYMOND gesloten.







STELLINGEN.





## STELLINGEN.

---

### I.

LÉON FREDERICQ heeft niet het recht, om uit den vorm der krommen, die hij bij de registratie der electriche schommelingen van het hart verkreeg, te besluiten, dat de systole een tetanus is.

### II.

Ten onrechte wordt de samengesteldheid dezer krommen aan trillingen toegeschreven, waaraan FREDERICQ's toestellen zouden onderhevig geweest zijn.

### III.

Hoewel met de oude teleologische beschouwingswijze moet gebroken worden, is het toch zeer geoorloofd, om te wijzen op de overeenstemming, die er heerscht tusschen de eigenschappen van de soort en de eischen om haar in stand te houden. Zelfs kan het bewijs van doelmatigheid menigmaal een helder licht op de genese werpen.

## IV.

Het ontstaan van de architectoniek van het been wordt voldoende verklaard door de inwendige massage als gevolg van afwisselende drukking.

## V.

De overerfelijkheid van verworven eigenschappen wordt door de pathologie niet bewezen.

## VI.

De behandeling van typhus abdominalis moet hoofdzakelijk een diaetetische, geen medicamenteuse zijn.

## VII.

Het is te betreuren, dat de chemie tot dusverre geen methode heeft aan de hand gedaan, om van creoline een nauwkeurige analyse te maken.

## VIII.

Bij ernstige morfinevergiftiging doe men naast uitspoelingen van de maag, venae-sectie.

## IX.

Het is rationeel, bij de narcose chloroform PICTET te verkiezen boven chloralchloroform.

## X.

Wanneer na een empyeem de volkomen onontplooibare long een thoracoplastiek volgens de methode van SCHEDE heett noodzakelijk gemaakt, is het ongewenscht, te trachten, de fistels, die na de genezing dikwijls nog overblijven, tot sluiting te brengen.

## XI.

De pylorusresectie verdient slechts in die gevallen den voorkeur boven gasteroenterostomie, waar men te doen heeft met een pylorusstenose, die door een maligne, nog operabele nieuwvorming veroorzaakt wordt.

## XII.

Bij geïncarcereerde gangraeneuse herniae is het wensche-lijk, aan de darmresectie als regel het aanleggen van een darmfistel te doen voorafgaan.

## XIII.

Bij septische wonden moet de gunstige werking van een PRIESNITZ-omslag aan geheel andere oorzaken worden toegeschreven, dan bij ontsteking in de diepte.

## XIV.

Gevaar voor het hoofd van het kind dient meer, dan thans geschiedt, een indicatie te zijn voor het aanwenden van kunsthulp.

## XIV.

Onder de oorzaken van strabismus convergens neemt hypermetropie een voorname plaats in.

## XVI.

Het antiprostitutiebond handelt onverantwoordelijk, door té streven naar afschaffing van reglementeering der prostitutie.

## XVII.

Het is wenschelijk, dat gerechtelijk geneeskundige onderzoekingen aan bepaalde, door den Staat bezoldigde medici worden opgedragen.

---











